



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112020000106-6 B1**



**(22) Data do Depósito: 03/07/2018**

**(45) Data de Concessão: 05/01/2021**

**(54) Título:** MÉTODO IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA O AJUSTE VIRTUAL DE ÓCULOS

**(51) Int.Cl.:** G02C 13/00; G06Q 30/06; G06T 19/20; G06T 17/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 06/07/2017 EP 17179990.1.

**(73) Titular(es):** CARL ZEISS AG; CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH.

**(72) Inventor(es):** OLIVER SCHWARZ; IVO IHRKE.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2018067914 de 03/07/2018

**(87) Publicação PCT:** WO 2019/007939 de 10/01/2019

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/01/2020

**(57) Resumo:** A presente invenção refere-se a um processo, um dispositivo e um programa de computador para o ajuste virtual de uma armação de óculos. É fornecido um processo para o ajuste virtual de óculos, assim como um programa de computador correspondente e um mecanismo de computação. Nesse caso, primeiros pontos de medição são definidos em um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa, e um modelo de uma armação de óculos é ajustado com base nos primeiros pontos de medição. De acordo com a invenção, a definição dos primeiros pontos de medição compreende uma definição de segundos pontos de medição em um modelo de cabeça paramétrico, um ajuste do modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça da pessoa e uma determinação dos primeiros pontos de medição com base em segundos pontos de medição e no ajuste. Desse modo, os segundos pontos de medição têm de ser definidos apenas uma vez no modelo de cabeça paramétrico, para que os primeiros pontos de medição possam ser definidos para uma pluralidade de modelos 3D diferentes de cabeças diferentes.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA O AJUSTE VIRTUAL DE ÓCULOS"**.

[0001] O presente pedido refere-se a métodos, dispositivos e programas de computador para o ajuste virtual de armações de óculos.

[0002] Por uma armação de óculos se entende, nesse caso, uma moldura ou um suporte em conformidade com a norma DIN ESO 77998:2006-01 e norma DIN ESO 8624:2015-12, por meio da qual/do qual lentes de óculos podem ser portadas na cabeça. O termo usado aqui inclui, em particular, armações de óculos sem aro. Armações de óculos são também designadas coloquialmente por molduras de óculos. Uma colocação virtual de uma armação de óculos designa, no contexto do presente pedido, um ajuste de um modelo de uma armação de óculos a um modelo de uma cabeça em um mecanismo de computação, habitualmente associado a uma representação gráfica do ajuste da armação de óculos em uma cabeça de uma pessoa em um visor, por exemplo, uma tela de computador.

[0003] Uma colocação virtual de uma armação de óculos em uma cabeça é conhecida, por exemplo, do documento US 2003/0123026 A1 ou do documento US 2002/015530 A1. Nessas publicações, a colocação virtual da armação de óculos serve principalmente para facilitar a um usuário a seleção entre diferentes armações de óculos, ao ser exibida uma representação gráfica da cabeça do usuário, em conjunto com a armação de óculos.

[0004] O documento US 9,286,715 B2 divulga um método para a prova virtual de óculos. Nesse caso, vários pontos são definidos tanto em uma armação de óculos, como também em uma cabeça. Um posicionamento da armação de óculos na cabeça é feito combinando pontos selecionados na armação de óculos com pontos selecionados na cabeça. Uma mudança de posição ocorre alterando os pontos

selecionados. Isso possibilita um posicionamento com uma exatidão que é suficiente para o propósito do documento US 9,286,715 B2 de disponibilizar uma prova para obter uma impressão visual. De modo semelhante, o documento US 2005/162419 A divulga uma colocação virtual de uma armação de óculos com a ajuda de pontos de características. Nessa publicação, uma armação é primeiro escalada e então posicionada em diferentes direções. Por fim, hastes da armação de óculos são rodadas em torno de dois eixos espaciais.

[0005] Um vídeo de demonstração do *software* "Vacker" está disponível em „<https://www.volumental.com/face-scanning/>“, de 5 de março de 2017 pela empresa Volumental, no qual está representada uma cabeça com uns óculos colocados e parâmetros dos óculos são modificáveis por meio de barras deslizantes, por exemplo, do ajuste dos óculos sobre o dorso do nariz ou também outros parâmetros, como ângulo dos aros da armação. Além disso, uma cor da armação de óculos ou uma cor das dobradiças da armação de óculos podem ser selecionadas. Os parâmetros selecionados são então emitidos. Nesse vídeo, diferentes parâmetros de um modelo paramétrico de uma armação de óculos são também ajustados.

[0006] Um outro sistema para o ajuste virtual de uns óculos é conhecido do documento US 2015/0055085 A1. Aqui é efetuado um ajuste automático dos óculos ao ser ajustado o tamanho e ajuste dos óculos na cabeça de uma pessoa. Além disso, a forma, estilo e cor dos óculos podem ser selecionados.

[0007] Um método e um dispositivo para a projeção de uns óculos à medida, isto é, uns óculos ajustados a uma cabeça de uma pessoa, são conhecidos do documento DE 10 2016 824 A1. Nesse método, dados de imagem da cabeça são captados em duas ou três dimensões, uns óculos de amostra são selecionados e os óculos de amostra são representados em função de parâmetros de projeção dos óculos de

amostra. Os parâmetros de projeção são determinados com base em dados de imagem da cabeça.

[0008] O documento US 2015/0277155 A1 divulga uma individualização da armação de uma armação de óculos, na qual são medidas distâncias em um rosto de uma pessoa e em que é criada uma armação de óculos por meio de impressão 3D com base nas distâncias medidas.

[0009] O documento US 2013/0088490 A1 divulga um método iterativo para o ajuste de uma armação de óculos, sendo que um posicionamento da armação de óculos é efetuado em pequenas etapas e o ajuste ocorre com base em uma detecção de colisão, com a qual é verificado se a armação de óculos se sobrepõe à cabeça da pessoa.

[0010] O documento US 8733936 B1 divulga um método e um sistema para o ajuste de uns óculos a uma cabeça de uma pessoa com a ajuda de capturas de imagem da cabeça.

[0011] O documento WO2014/037915 A1 divulga também um método e um sistema para o ajuste de uns óculos a uma cabeça de uma pessoa, sendo que pontos característicos são identificados em uma imagem de um rosto da pessoa, à qual os óculos devem ser ajustados.

[0012] Outros métodos e sistemas para o ajuste de óculos são conhecidos do documento US 9703123 B2 ou do documento US2016/062152 A1 em uma cabeça de uma pessoa, por exemplo, com base em dados anatômicos, que são introduzidos no sistema por um usuário.

[0013] O documento US 2015/0293382 A1 divulga uma determinação de parâmetros para uma amostra virtual de óculos por meio de captura de uma pessoa com a armação exemplificativa colocada. Os parâmetros que foram determinados por meio dessa armação exemplificativa são modificados de forma correspondente para uma amostra virtual de uma armação virtual. Uma vez que a pessoa já

porta uma armação de óculos durante a captura, não é aqui utilizado qualquer modelo tridimensional da cabeça sem armação de óculos.

[0014] Niswar, Kahn e Farbiz descrevem no artigo "Virtual Try-On of Eyeglasses using 3D-Model of the Head", Institute for Infocomm Research, dezembro de 2011, data de emissão: 10.1145/2087756.2087838, um método para a amostra virtual de óculos. Esse tem como base quatro pontos de referência, sendo que dois pontos se situam sobre o nariz e dois pontos se situam sobre as orelhas. Nesse caso, um modelo de cabeça 3D é ajustado através de deformação de um modelo de cabeça genérico com base em alguns pontos de características.

[0015] O documento US 2016/0327811 A1 descreve um método que tem como base um modelo virtual de uma armação. Esse é ajustado a uma cabeça através de deformação. Para o ajuste da armação de óculos, critérios de ajuste podem ser efetuados, por exemplo, uma maximização de uma superfície de contato de plaquetas em relação a um nariz de uma pessoa, uma maximização de uma superfície de contato de hastes de óculos, uma centralização de uma borda de armação da armação de óculos em relação aos olhos, uma orientação da armação de óculos ou uma minimização da superfície de contato da borda de armação em relação às maçãs do rosto da pessoa e em relação às sobrancelhas da pessoa.

[0016] Como possível alargamento desses critérios é referido um estabelecimento de valores alvo. Valores alvo desse tipo podem se referir, por exemplo, a uma distância entre ambas as hastes dos óculos da armação de óculos, uma inclinação para a frente da armação, uma distância de plaquetas da armação em relação uma à outra, uma distância de um olho da borda da armação, uma distância da borda de armação de sobrancelhas e maçãs do rosto, uma inclinação para a frente da armação de óculos ou um ângulo dos aros da armação da

armação de óculos. Esses parâmetros e valores alvo estão incluídos em uma função de custos e por meio de um método de otimização convencional, por exemplo, um algoritmo de Levenberg-Marquardt, é efetuada uma otimização. A armação pode ser então ainda mais deformada.

[0017] Nesse método é problemático o fato de que, em um método de otimização desse tipo, não seja necessariamente alcançado um ótimo global, uma vez que, com métodos de otimização, como o algoritmo de Levenberg-Marquardt, seja geralmente apenas identificado um mínimo local da função de custos. No caso de oscilações de superfície de modelos de 3D utilizados para armações de óculos ou cabeça, pode acontecer que a otimização de uma oscilação de superfície desse tipo "estagne" longe do ideal e, desse modo, não seja alcançado nenhum ajuste ótimo.

[0018] Além disso, uma otimização por meio de um método de otimização desse tipo é muito intensiva do ponto de vista computacional, no caso de utilização de muitos parâmetros. Isso dificulta a utilização de modelos de armação paramétricos, nos quais tem que ser otimizado um maior número de parâmetros.

[0019] Em uma série das publicações referidas acima, por exemplo, do documento US 9,286,715 B2, do documento US 2005/162419 A1 ou do documento US 2016/0327811 A1, pontos são marcados no modelo 3D da cabeça e então utilizados para o ajuste do modelo da armação de óculos, por exemplo, pontos no nariz da cabeça. Esses pontos são essencialmente tomados como garantidos. No documento US 9,286,715 B2 é feita geralmente referência a um processamento de imagens para obter esses pontos, sendo que o documento US 2016/0327811 A1 também não dá quaisquer indicações exatas e faz referência a uma determinação computadorizada.

[0020] O documento US 2005/0162419 A1 divulga um método para

estabelecer pontos sobre um modelo de cabeça, no qual é capturada uma imagem 2D de uma pessoa e no qual são marcados pontos de imagem 2D. Esses pontos são então transferidos para um modelo de cabeça padrão. Com base nesses pontos, uma armação de óculos é então ajustada.

[0021] Aqui o usuário também precisa marcar, no respectivo rosto da pessoa, os pontos correspondentes, o que é demorado.

[0022] O documento WO 2016/164859 A1 divulga duas possibilidades diferentes para obter um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa. Em uma primeira abordagem, um modelo de cabeça paramétrico genérico, por exemplo, com base em parâmetros anatômicos, que são introduzidos por um usuário, são ajustados à pessoa. Esse ajuste também pode acontecer quando determinadas características do modelo paramétrico são harmonizadas com capturas de imagens da pessoa. Em uma outra abordagem, é novamente gerado um modelo paramétrico com base em dados anatômicos da pessoa. O modelo paramétrico pode, em ambos os casos, ser particularmente detalhado em campos que sejam relevantes para o posicionamento de armações de óculos. Para o ajuste de óculos, pontos de medição relevantes podem igualmente serem definidos, nesse caso, de outro modo, com base em capturas de imagem. Aqui são também necessárias capturas de imagem adicionais.

[0023] Com base no documento US 2005/0162419 A1, um objetivo da presente invenção é disponibilizar um método para o ajuste de óculos, assim como um programa de computador correspondente e um dispositivo, no qual um estabelecimento de pontos em um modelo de cabeça 3D de uma pessoa, pelo menos para uma parte dos pontos, pode ocorrer de modo automatizado, sem que um usuário tenha de marcar os pontos individualmente em um rosto ou no modelo de uma cabeça de uma pessoa, à qual uns óculos devem ser ajustados, e sem

que precise ocorrer uma análise de capturas de imagem, como no documento WO2016/164859A1.

[0024] De acordo com a invenção, é disponibilizado um método implementado por computador ou um método executado por um computador para o ajuste virtual de óculos, no qual primeiros pontos de medição são definidos em um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa e no qual um modelo de uma armação de óculos é ajustado ao modelo 3D da cabeça da pessoa com base nos primeiros pontos de medição. O método é caracterizado pelo fato de que a definição dos primeiros pontos de medição compreende:

[0025] ajustar um modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça da pessoa, e

[0026] determinar os primeiros pontos de medição com base em segundos pontos de medição definidos no modelo de cabeça paramétrico e o ajuste do modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça.

[0027] Por pontos de medição são entendidos, nesse caso, pontos gerais em um modelo, que podem servir para o ajuste de óculos subsequente, particularmente para a medição de tamanhos, como distâncias na cabeça.

[0028] Através desse método, os segundos pontos de medição no modelo de cabeça paramétrico só precisam ser definidos uma vez. Esse modelo de cabeça paramétrico com os segundos pontos de medição definidos no mesmo pode então ser utilizado para modelos 3D da cabeça de diferentes pessoas, para definir os primeiros pontos de medição nesses modelos 3D. Ao contrário da abordagem do documento WO 2016/164859 A1, não são, portanto, consideradas quaisquer imagens da pessoa ou outras informações, e são utilizados dois modelos, nomeadamente o modelo de cabeça paramétrico e o modelo 3D da cabeça da pessoa, enquanto que, no documento WO

2016/164859 A1, é utilizado apenas um modelo.

[0029] A definição única referida acima dos segundos pontos de medição no modelo de cabeça paramétrica pode ocorrer no contexto do método acima ou também separadamente e/ou previamente, por exemplo, em um outro computador. De maneira correspondente, o método acima pode compreender uma etapa da definição dos segundos pontos de medição em um modelo de cabeça paramétrica, ou os segundos pontos de medição podem ser definidos previamente e disponibilizados, por exemplo, ao ser disponibilizado separadamente um método compreendendo a etapa da definição dos segundos pontos de medição em um modelo de cabeça paramétrico. Os segundos pontos de medição podem ser então utilizados para uma pluralidade de diferentes modelos 3D em função da pessoa, sem que os pontos tenham que ser, por exemplo, definidos manualmente para cada modelo 3D.

[0030] A seguir são ainda explicados os conceitos utilizados no método referido acima e no método descrito posteriormente.

[0031] O ajuste é "virtual", pois o procedimento acontece em um mecanismo de computação, por exemplo, em um computador pessoal (*Personal Computer*) (PC) e a armação de óculos real não é colocada sobre a cabeça real.

[0032] Por um modelo, particularmente modelo 3D, se entende uma representação tridimensional de objetos reais, que estão presentes como conjunto de dados em uma unidade de armazenamento, por exemplo, em um armazenamento de um computador ou em um suporte de dados. Essa representação tridimensional pode ser, por exemplo, uma malha 3D (em inglês "*3D mesh*"), que consiste em um conjunto de pontos 3D, também chamados de vértices, e conexões entre os pontos, também chamados de arestas. Esta conexão, no caso mais simples, forma uma rede triangular (em inglês *triangle mesh*). No caso de uma

representação desse tipo como uma rede 3D, apenas a superfície de um objeto é descrita, não o volume. A rede não precisa necessariamente ser fechada. Se, por exemplo, a cabeça for descrita na forma de uma rede, ela aparecerá como uma máscara. Será possível encontrar mais sobre esses modelos 3D em Rau J-Y, Yeh P-C. "„A Semi-Automatic Image-Based Close Range 3D Modeling Pipeline Using a Multi-Camera Configuration". *Sensores* (Basiléia, Suíça). 2012;12(8):11271 a 11293, data de emissão:10.3390/s120811271; particularmente página 11289, imagem "Figura 16").

[0033] Outra possibilidade de representar um modelo 3D é uma grelha de vóxeis, que representa uma representação volumétrica. O espaço é dividido em pequenos cubos ou cuboides, chamados vóxeis. Para cada vóxel, no caso mais simples, a presença ou ausência do objeto a ser exibido é armazenada na forma de um valor binário (1 ou 0). Com um comprimento de borda dos vóxeis de 1 mm e um volume de 300 mm x 300 mm x 300 mm, que representa um volume típico para uma cabeça, obtém-se um total de 27 milhões desses vóxeis. Tais grelhas de vóxeis são descritas, por exemplo, em M. Nießner, M. Zollhöfer, S. Izadi, e M. Stamminger. "Real-time 3D reconstruction at scale using voxel hashing". *ACM Trans. Graph.* 32, 6, Artigo 169 (novembro de 2013), DOI: <https://doi.org/10.1145/2508363.2508374>.

[0034] O modelo 3D da cabeça e / ou o modelo 3D da armação de óculos pode, em particular, ser um modelo 3D com textura. Entende-se por modelo 3D com textura um modelo 3D que contém ainda as informações de cores dos pontos de superfície do objeto real. Através do uso de um modelo 3D com textura é possível uma representação com cores realistas da cabeça e da armação de óculos.

[0035] Nesse caso, a informação de cores pode estar contida diretamente nos vértices como um atributo, por exemplo, como um valor de cor RGB (vermelho-verde-azul), ou um par de coordenadas de

textura é anexado a cada vértice como um atributo. O vértice designa, conforme referido acima, um ponto do modelo 3D. Um atributo designa então, de modo geral, uma característica, indicador ou similar, que esteja atribuído a um objeto, nesse caso, a um respectivo vértice (consultar também artigo da Wikipedia "Attribut (Objekt)", de 5 de julho de 2017). Essas coordenadas devem ser entendidas como coordenadas da imagem (posições de pixel) em uma imagem de textura adicional. A textura, por exemplo, dos triângulos da rede triangular mencionados acima é gerada por interpolação a partir dos pixels da imagem de textura.

[0036] Um modelo paramétrico é um modelo 3D, que apresenta um ou mais parâmetros alteráveis. Através de alteração do parâmetro ou dos parâmetros se altera então a geometria do objeto descrito através do modelo 3D, nesse caso, da armação de óculos, por exemplo, com respeito ao tamanho ou forma. Exemplos de tais parâmetros são, por exemplo, uma largura da ponte ou um comprimento das hastes da armação de óculos, ou também uma forma de uma borda de armação da armação de óculos. O tipo e número desses parâmetros dependem da armação de óculos representada através do modelo de armação paramétrico. Particularmente, faixas de valores para os parâmetros podem ser estabelecidas por um fabricante da armação de óculos, as quais descrevem então, de forma correspondente, armações de óculos passíveis de serem fabricadas. Por um parâmetro livre de armação se entende um parâmetro do modelo de armação paramétrico que não foi ainda estabelecido no método, isto é, precisa ser ainda ajustado e determinado.

[0037] Requisitos de ajuste são especificações de como a armação de óculos deve ser posicionada relativamente a zonas ou pontos da cabeça, como óculos, pupilas, sobrancelhas ou nariz. Esses requisitos de ajuste específicos para o modelo de armação paramétrico são

particularmente aproveitados para assegurar uma impressão estética desejada pelo fabricante da armação de óculos. Os requisitos de ajuste específicos podem ser disponibilizados em conjunto com o modelo de armação paramétrico de um respectivo fabricante em formato eletrônico, por exemplo, como arquivos correspondentes.

[0038] O ajuste anatômico se refere, por outro lado, a um ajuste que deve garantir um ajuste confortável correto da armação de óculos na cabeça. Para isso são utilizados critérios, que não são específicos para a respectiva armação de óculos, mas se aplicam, de modo geral, a uma pluralidade de armações de óculos, como ajuste correto das hastes dos óculos sobre as orelhas ou um ajuste correto de plaquetas dos óculos. O ajuste anatômico também pode compreender assegurar distâncias mínimas de zonas da cabeça, por exemplo, assegurar uma distância mínima das bordas da armação de óculos das maçãs do rosto e/ou de uma porção das sobrancelhas da cabeça e/ou uma distância mínima das pestanas. Um outro exemplo de um ajuste anatômico é uma regulação de uma distância nominal ou de uma faixa nominal para a distância entre lente e olho, isto é, da distância ao vértice da córnea (*Hornhaut-Scheitel-Abstand*) (HSA). A distância ao vértice da córnea é a distância entre a superfície dianteira da córnea do olho e da superfície voltada para o olho da lente dos óculos. Por exemplo, durante o ajuste anatômico é assegurado que é mantida uma distância do vértice da córnea nominal de 12 mm ou uma distância do vértice da córnea nominal entre 12 mm e 17 mm. A razão disso é que a lente dos óculos não deve ser colocada próxima do olho para evitar um embate das pestanas e para evitar condensação na lente (transpiração). Ainda, alguns optometristas gostariam de evitar um desvio da distância ao vértice da córnea de uma distância ao vértice da córnea pré-definida em um forópetro utilizado para medir a refração esfero-cilíndrica. Uma vez que uma maior distância ao vértice da córnea altera o efeito ótico em

direção dos valores de dioptria positivos, pode ser eventualmente preferencial uma distância ao maior vértice da córnea, no caso de hipermetropia, isto é, quando são necessárias as chamadas lentes positivas. Por conseguinte, pode ser vantajosamente utilizada uma distância ao vértice da córnea com base no resultado da medição da refração.

[0039] Os requisitos de ajuste estão presentes, nesse caso, preferencialmente em formato de texto, por exemplo, como arquivos .xml ou JSON, o que facilita o processamento.

[0040] Por "pessoa" se designa, no contexto do presente pedido, a pessoa a cuja cabeça a armação de óculos deve ser eventualmente ajustada. "Usuário" designa uma pessoa que realiza e opera o dispositivo ou o método para o ajuste da armação. Esse pode ser a própria pessoa, mas também pode ser outra pessoa, por exemplo, um optometrista.

[0041] Modelos de cabeça paramétricos adequados são descritos, por exemplo, em A. Brunton, A. Salazar, T. Bolkart, S. Wuhrer, "Review of Statistical Shape Spaces for 3D Data with Comparative Analysis for Human Faces", *Computer Vision and Image Understanding*, 128:1-17, 2014 ou em J. Booth, A. Roussos, S. Zafeiriou, A. Ponniah and D. Dunaway, "A 3D Morphable Model Learnt from 10,000 Faces", 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, 2016, páginas 5543 a 5552. Data de emissão: 10.1109/CVPR.2016.598.

[0042] Preferencialmente, a definição de segundos pontos de medição é efetuada no modelo de cabeça paramétrico através de definição de segundos pontos de medição em uma cabeça padrão do modelo de cabeça paramétrico ou os segundos pontos de medição estão previamente definidos em uma cabeça padrão do modelo de cabeça paramétrico. Uma cabeça padrão é, nesse caso, uma cabeça

do modelo de cabeça paramétrica, na qual parâmetros do modelo de cabeça paramétrico assumem valores predefinidos.

[0043] Em modelos de cabeça que têm como base uma análise de componentes principais, o valor médio dos dados subjacentes aos componentes principais pode ser o modelo padrão.

[0044] Dessa forma, pode ser disponibilizado um ponto de partida definido para o método.

[0045] As características definidas na cabeça padrão podem então ser transferidas para o modelo de cabeça paramétrico ajustado, de modo correspondente ao ajuste, isto é, de modo correspondente à alteração da cabeça padrão para o modelo de cabeça paramétrico ajustado, sendo que os segundos pontos de medição também são alterados, de forma que os mesmos se situam em locais correspondentes no modelo de cabeça ajustado. Assim, os segundos pontos de medição podem ser transferidos, de modo simples, para o modelo de cabeça ajustado. Os fundamentos para uma transferência de pontos desse tipo são explicados na seção 4.1 da referência citada acima J. Booth et al.

[0046] Os segundos pontos de medição transferidos para o segundo modelo de cabeça podem ser então utilizados diretamente como os primeiros pontos de medição, se o ajuste do modelo de cabeça for suficientemente exato. O que é suficientemente exato depende de uma exatidão desejada para o seguinte ajuste de óculos e da exatidão do sistema de medição, com o qual o modelo 3D da cabeça foi criado. Assim, por exemplo, no caso de uma exatidão do sistema de medição de 0,2 mm e de uma exatidão desejada dos pontos de 0,5 mm com a ajuda do ajuste do modelo de cabeça paramétrico, seria alcançada uma exatidão de também 0,5 mm. Se o sistema de medição apresentar uma exatidão muito pior, então depende da distribuição dos erros: no caso de um erro de distribuição gaussiana, obtém-se através do ajuste uma

suavização - a exatidão, no sentido do desvio máximo, é geralmente melhorada através do ajuste. Em alternativa, a determinação dos segundos pontos de medição pode incluir projetar os pontos de medição transferidos sobre o modelo 3D da cabeça. Através de uma projeção desse tipo, os primeiros pontos de medição podem ser então determinados de modo simples. Para a projeção de, por exemplo, respectivos primeiros pontos de medição, pode ser utilizado um ponto de seção de um vetor normal sobre o modelo de cabeça paramétrico ajustado através do respectivo segundo ponto de medição transferido.

[0047] O ajuste pode ser realizado com a ajuda de algoritmos de ajuste convencionais (em inglês, designados por *fitten*) (consultar o artigo da Wikipedia "Ausgleichsrechnung", de 22 de maio de 2017).

[0048] O método pode compreender uma combinação de vários primeiros pontos de medição com uma característica, que caracteriza um campo do modelo 3D da cabeça. Com a ajuda de características desse tipo podem ser então eficazmente ajustadas a armações de óculos, quando as características para o ajuste caracterizam campos relevantes do modelo 3D. Exemplos de características compreendem, por exemplo, abas do nariz, uma curvatura da testa ou uma base das orelhas.

[0049] A combinação pode, nesse caso, compreender um ajuste de uma primitiva geométrica ou função aos vários pontos de medição. Exemplos de primitivas geométricas desse tipo são planos, segmentos circulares, segmentos esféricos ou cilindros. Exemplos de funções compreendem funções de *spline*. Desse modo, podem ser descritos vários pontos de medição com poucos parâmetros (por exemplo, ponto receptor e vetor normal no caso de um plano, raio e ponto médio no caso da curvatura da testa), o que facilita o processamento, uma vez que estão presentes menos dados. O modelo de armação pode compreender um modelo de armação paramétrico.

[0050] Com as abas do nariz como característica pode ser então ajustada, de modo simples, por exemplo, uma largura de ponte do modelo de armação paramétrico, pelo fato de que as plaquetas do modelo de armação paramétrico são cobertas com as abas do nariz. Um comprimento de haste do modelo de armação paramétrico pode ser determinado com um ponto de base das orelhas como ponto de medição ou característica. O ângulo pantoscópico da armação de óculos de acordo com a norma DIN EN ISO 13666:2012 5.18, isto é, uma inclinação da borda da armação, pode ser determinado ao ser determinada uma distância entre a borda da armação e uma característica, que descreve as bochechas do modelo 3D da pessoa. Dessa forma, diferentes parâmetros de um modelo de armação paramétrico podem ser ajustados de modo simples.

[0051] O método pode compreender um cálculo de outros pontos de medição para o modelo 3D da cabeça com base em primeiros pontos de medição ou nas características explicadas acima. Exemplos de tais outros pontos de medição calculados compreendem um ponto de apoio das orelhas de primeiros pontos de medição na zona das bochechas e/ou de primeiros pontos de medição sobre a orelha. O ponto de apoio das orelhas é, nesse caso, um ponto sobre o qual uma haste de óculos se apoia durante o ajuste da armação de óculos. Em outras modalidades, o ponto de apoio das orelhas pode ser um dos primeiros pontos de medição, que são determinados com base nos segundos pontos de medição.

[0052] Em um método desse tipo, um outro ponto de medição, como o ponto de apoio das orelhas, pode ser calculado mesmo no caso de encobrimento pelos cabelos. Nesse caso, o outro ponto de medição calculado não precisa se situar necessariamente sobre o modelo 3D, mas pode também estar afastado do mesmo.

[0053] Para o cálculo de um outro ponto de medição pode ser

utilizada uma realização geométrica pré-definida entre os primeiros pontos de medição e um outro ponto de medição desse tipo. Uma relação geométrica indica, nesse caso, como o outro ponto de medição se situa em relação aos primeiros pontos de medição. Como exemplo disso, o cálculo de um outro ponto de medição pode compreender uma combinação linear de uma quantidade de primeiros pontos de medição. Como outro exemplo, o cálculo de um outro ponto de medição pode compreender uma extrapolação com base nos primeiros pontos de medição. Nesse caso, um modelo de curvas ou de superfície, por exemplo, uma curva ou superfície com um ou vários parâmetros livres, pode ser calculado com base na quantidade dos primeiros pontos de medição por meio de interpolação ou aproximação por meio de uma função de erro, por exemplo, pelo fato de que os parâmetros livres são determinados por um procedimento de ajuste (inglês: "*fitten*").

[0054] Por exemplo, uma curva polinomial pode ser ajustada aos primeiros pontos de medição que se situam sobre a bochecha. Durante a extrapolação, essa curva polinomial é avaliada na zona que se situa na direção da orelha e, assim, é determinado um outro ponto de medição calculado.

[0055] Além disso, é ainda disponibilizado um programa de computador com um código de programação que, quando é executado em um processador, realiza um dos métodos descritos acima. Por fim, é disponibilizado um dispositivo correspondente com um processador com uma memória, que armazena o programa de computador, e com um processador para a execução do programa de computador.

[0056] É também disponibilizado um programa de computador, compreendendo comandos que, no caso de execução do programa por um computador, fazem com que o mesmo realize o método conforme descrito acima.

[0057] É também disponibilizado um programa de computador,

compreendendo comandos que, no caso de execução do programa por um computador, fazem com que o mesmo realize as seguintes etapas:

[0058] definir primeiros pontos de medição em um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa, sendo que pontos de medição são pontos em um modelo, que podem servir para um ajuste de óculos subsequente, e

[0059] ajustar um modelo de uma armação de óculos ao modelo 3D da cabeça com base nos primeiros pontos de medição, caracterizado pelo fato de que a definição dos primeiros pontos de medição compreende:

[0060] ajustar um modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça da pessoa, e

[0061] determinar os primeiros pontos de medição com base em segundos pontos de medição definidos no modelo de cabeça paramétrico e o ajuste do modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça.

[0062] Além disso, podem ser realizadas outras das etapas de método explicadas acima.

[0063] É também disponibilizada uma unidade de armazenamento legível por computador, em particular, tangível, compreendendo comandos que, no caso de execução por um computador, fazem com que o mesmo realize o método conforme descrito acima. Exemplos de unidades de armazenamento compreendem unidades de armazenamento óticos, como CDs ou DVDs, unidades de armazenamento magnéticas, como discos rígidos ou memórias em estado sólido, como memórias *flash* ou memórias de exclusivamente de leitura (ROMs).

[0064] É também disponibilizada uma unidade de armazenamento legível por computador, em particular tangível, compreendendo comandos que, no caso de execução por um computador, fazem com

que o mesmo realize as seguintes etapas:

[0065] definir primeiros pontos de medição em um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa, sendo que pontos de medição são pontos em um modelo, que podem servir para um ajuste de óculos subsequente, e

[0066] ajustar um modelo de uma armação de óculos ao modelo 3D da cabeça com base nos primeiros pontos de medição, caracterizado pelo fato de que a definição dos primeiros pontos de medição compreende:

[0067] ajustar um modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça da pessoa, e

[0068] determinar os primeiros pontos de medição com base em segundos pontos de medição definidos no modelo de cabeça paramétrico e o ajuste do modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça.

[0069] Além disso, podem ser realizadas outras das etapas do método explicado acima.

[0070] É também disponibilizado um suporte de dados legível por computador, em particular tangível, no qual está armazenado o programa de computador, conforme descrito acima.

[0071] Além disso, é disponibilizado um sinal de suporte de dados (por exemplo, por uma rede, como a Internet), que transfere o programa de computador, conforme descrito acima.

[0072] É também disponibilizado um dispositivo para o processamento de dados e/ou para o ajuste de óculos, compreendendo meios para a execução do método, conforme descrito acima.

[0073] É também disponibilizado um dispositivo para o processamento de dados e/ou para a armação de óculos, compreendendo:

[0074] meios para definir primeiros pontos de medição em um

modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa, sendo que pontos de medição são pontos em um modelo, que podem servir para um ajuste de óculos subsequente, e

[0075] meios para ajustar um modelo para uma armação de óculos (120) ao modelo 3D da cabeça com base nos primeiros pontos de medição, caracterizados pelo fato de que o meio para definir os primeiros pontos de medição compreende:

[0076] meios para ajustar um modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça da pessoa, e

[0077] meios para determinar os primeiros pontos de medição com base em segundos modelos de medição definidos no modelo de cabeça paramétrico e o ajuste do modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça.

[0078] Para isso, opcionalmente, podem ser também disponibilizados ainda outros meios para realizar outras etapas do método descrito acima.

[0079] É também disponibilizado um dispositivo para o processamento de dados e/ou para o ajuste de óculos, compreendendo um processador, que está configurado de modo a realizar o método, conforme descrito acima.

[0080] Os programas de computador e dispositivos descritos acima podem apresentar as mesmas propriedades descritas para os métodos.

[0081] Além disso, é disponibilizado um método para fabricar uma armação de óculos, compreendendo:

[0082] realizar o método, conforme descrito acima,

[0083] ajuste virtual de uma armação de óculos ao modelo 3D da cabeça mediante utilização dos primeiros pontos de medição, e

[0084] fabricar a armação de óculos ajustada.

[0085] O modelo 3D disponibilizado conforme descrito acima com o método com os primeiros pontos de medição é, portanto, utilizado em

primeiro lugar para o ajuste virtual de uma armação de óculos. O ajuste virtual da armação de óculos pode ocorrer autonomamente, conforme descrito no estado da técnica explicado ao início. A armação de óculos ajustada virtualmente pode ser então fabricada como armação de óculos real, tal como no estado da técnica citado ao início. A fabricação pode ser feita, por exemplo, utilizando um método aditivo, como uma impressão 3D, consulte para isso, como visão geral, o artigo da Wikipedia "Generatives Fertigungsverfahren", de 25.06.2018.

[0086] A invenção é em seguida explicada em mais detalhes com base em exemplos de modalidade preferenciais com referência aos desenhos anexos. Mostram:

[0087] Figura 1 um dispositivo para o ajuste virtual de óculos, de acordo com um exemplo de modalidade,

[0088] Figura 2 um exemplo para uma implementação de um mecanismo de câmera da Figura 1,

[0089] Figura 3 um fluxograma, que concede uma visão geral de um método para o ajuste de armação, de acordo com um exemplo de modalidade,

[0090] Figura 4 um fluxograma de um método, de acordo com o exemplo de modalidade, que pode ser aplicado no método da Figura 3,

[0091] Figura 5 um fluxograma de um método, de acordo com o exemplo de modalidade, que pode ser aplicado no contexto do método da Figura 3,

[0092] Figura 6 uma vista para ilustrar características de uma cabeça, à qual se pode fazer referência,

[0093] Figura 7 uma implementação detalhada da etapa de método 40 da Figura 4 ou da etapa 54 da Figura 5,

[0094] Figura 8 um diagrama para explicar características auxiliares,

[0095] Figura 9 vistas esquemáticas de uma cabeça para ilustrar

um ajuste,

[0096] Figura 10 outras vistas esquemáticas de uma cabeça para ilustrar um ajuste com base em requisitos de ajuste,

[0097] Figura 11 um fluxograma de um método, de acordo com o exemplo de modalidade, que pode ser aplicado no contexto do método da Figura 3,

[0098] Figura 12 um fluxograma de uma implementação detalhada do método da Figura 11,

[0099] Figuras 13A a 13D e 14 representações para ilustrar modelos de cabeça,

[0100] Figura 15 um diagrama para ilustrar uma etapa parcial de um ajuste de uns óculos no método da Figura 12, e

[0101] Figura 16 uma vista de um modelo de armação para ilustrar uma largura da ponte.

[0102] A Figura 1 mostra um exemplo de modalidade de um dispositivo para o ajuste virtual da armação, de acordo com um exemplo de modalidade. O dispositivo da Figura 1 compreende um mecanismo de computação 11, que apresenta um processador 12, assim como uma memória 13. A memória 13 serve para o armazenamento de dados e compreende, no exemplo de modalidade da Figura 1, uma memória com acesso aleatório (*Random Access Memory*, RAM), uma memória de apenas leitura (*Read Only Memory*, ROM), assim como uma ou mais unidades de armazenamento em massa (disco rígido, *Solid State Disc*, unidade de disco ótico, etc.). Na memória 13 está arquivado um programa, por meio do qual, quando o mesmo é executado no processador 12, é realizado um método, conforme já descrito acima ou conforme a ser explicado em mais detalhes abaixo para um ajuste virtual de armação.

[0103] O dispositivo da Figura 1 dispõe de um visor 16, no qual é exibida uma cabeça de uma pessoa, em conjunto com uma armação de

óculos, quando o programa de computador é executado no processador 12. Entradas de usuário podem ser feitas através de um ou mais dispositivos de entrada 17, por exemplo, teclado e mouse. Ainda ou em alternativa, o visor 16 pode ser uma tela tátil (*Touchscreen*), para poder efetuar entradas.

[0104] O dispositivo da Figura 1 compreende, além disso, uma interface 14 com uma rede 18 através da qual dados podem ser recebidos. Em particular, os modelos de armação paramétricos de armações de óculos e requisitos de ajuste atribuídos de fabricantes de óculos podem ser aqui recebidos. Em alguns exemplos de modalidade, através da interface 14 dados podem ser também enviados para um outro mecanismo de computação, para aí realizarem, por exemplo, uma parte do cálculo necessário para o ajuste de óculos. Para criar um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa, à qual os óculos devem ser ajustados, o dispositivo da Figura 1 compreende opcionalmente um mecanismo de câmera 15, através do qual várias imagens da pessoa podem ser captadas a partir de diferentes direções e o modelo 3D pode ser determinado. Informações acerca de uma determinação desse tipo de modelos 3D com base em capturas de imagem se encontram, por exemplo, em H. Hirschmüller "Stereo Processing by Semiglobal Matching and Mutual Information" em IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, volume 30, nº 2, páginas 328 a 341, fevereiro de 2008. Data de emissão: 10.1109/TPAMI.2007.1166).

[0105] A Figura 2 mostra uma modalidade do mecanismo de câmera 15 da Figura 1. No exemplo de modalidade da Figura 2, uma disposição 110 semicircular de câmeras está fixada a uma coluna 19. Uma pessoa pode então se posicionar de forma que uma cabeça 111 da pessoa, conforme mostrado na Figura 2, esteja posicionada na disposição semicircular 110, e pode ser captada a partir de diferentes direções. A partir daí pode ser então criado um modelo 3D da cabeça

111. A partir das capturas de imagem se forma também uma textura, isto é, informações em relação a cores (conforme explicado acima) do modelo. Um dispositivo desse tipo pode ser utilizado, além disso, para medições de centralização, conforme é descrito no pedido de patente EU 17 153 556.0.

[0106] A Figura 3 mostra um fluxograma de um método completo para o ajuste virtual de óculos, de acordo com um exemplo de modalidade. O presente pedido se refere, em particular, a etapas parciais desse método.

[0107] O método começa na etapa 30. Na etapa 31, um modelo 3D da cabeça, incluindo metadados do modelo da cabeça, é carregado a partir de uma memória. O modelo 3D pode ser criado, conforme explicado acima, com referência às Figuras 1 e 2, com a ajuda de capturas de imagem ou pode ser um modelo 3D já presente, por exemplo, de um ajuste de óculos anterior para uma determinada pessoa.

[0108] Os metadados do modelo de cabeça são dados que contêm informações acerca de características do modelo 3D, mas não o modelo em si. Em particular, os metadados podem fornecer informações adicionais ao modelo 3D da cabeça e/ou conter determinados pontos, curvas ou zonas no modelo 3D da cabeça. Mais detalhes acerca da utilização de metadados desse tipo se encontram também no pedido de patente EU 17 173 929.5.

[0109] Na etapa 32 é selecionado um modelo base de uma armação de óculos, que é descrito através de um modelo de armação paramétrico. O modelo de armação paramétrico apresenta parâmetros livres, ou seja, a serem determinados. Exemplos de parâmetros livres desse tipo foram já referidos mais acima na descrição do modelo de armação paramétrico, nomeadamente a largura da ponte ou comprimento das hastes da armação de óculos, ou também um formato

de uma borda de armação da armação de óculos.

[0110] Na etapa 312 são então calculados pelo menos alguns dos parâmetros com base em um requisito de ajuste atribuído ao modelo de armação, conforme descrito acima ou conforme explicado em mais detalhes mais abaixo. Outros parâmetros são determinados com base em um ajuste anatômico, conforme também já explicado.

[0111] Nas etapas 33 a 310 ocorre então uma colocação virtual dos óculos com um ajuste anatômico suplementar. Para isso, na etapa 33 corre um posicionamento aproximado com base em um ponto de colocação e um apoio das costas do nariz, conforme está já descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5. Nas etapas 34 e 35 ocorre um dobramento das hastes de óculos em relação às orelhas da cabeça e um posicionamento das hastes, sendo que pode ocorrer uma rotação em torno de um eixo x dos óculos. O eixo x corresponde, nesse caso, a uma direção que liga os olhos da cabeça, a direção z corresponde essencialmente à direção das hastes e a direção y se situa perpendicularmente à mesma. Na etapa 36 ocorre uma otimização de superfícies de contato dos óculos por meio de um posicionamento exato no plano xy. Além disso, aqui na etapa 312 podem ser ainda ajustados parâmetros ainda não estabelecidos. As etapas 34 a 36 correspondem, nesse caso, às etapas descritas de modo correspondente no pedido de patente EU 17 173 929.5. Nesse ajuste, o modelo de óculos paramétrico pode ser, em particular, deformado e posicionado, após os parâmetros terem sido determinados na etapa 312.

[0112] Na etapa 37 ocorre então um *rendering* da armação e da cabeça, isto é, uma representação correspondente no visor 16 da Figura 1. Esse *rendering* está também já descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5. Por *rendering*, também designado por renderização ou síntese de imagens, se entende, nesse caso, a criação de uma imagem (por exemplo, para a exibição em uma tela de computador) com base

em dados em bruto, nesse caso, dos respectivos modelos.

[0113] Se segue então uma interação do usuário com o modelo na etapa 38, a qual tem diversas consequências, conforme representado na etapa 39. Assim, pode ocorrer uma navegação de modo simples, por exemplo, para visualizar a cabeça de uma outra direção. Nesse caso, ocorre um novo *rendering* na etapa 37.

[0114] Através da interação na etapa 39, a rotação da armação em torno do eixo x também pode ser ajustado manualmente. Nesse caso, o método retorna à etapa 35 para determinar, por exemplo, as hastes de modo correspondente à nova posição da armação.

[0115] Além disso, através da interação do usuário com o modelo, a posição da armação de óculos também pode ser ajustada às costas do nariz do modelo de cabeça por um usuário do dispositivo. Isso altera essencialmente a posição estabelecida na etapa 33 da armação de óculos. Por conseguinte, nesse caso, o método retorna à etapa 33.

[0116] Esses tipos de interação descritos até agora, particularmente a navegação, por exemplo, para alterar o ângulo de visualização, o ajuste da rotação e o ajuste da posição dos óculos dispostos sobre as costas do nariz, estão também já explicados detalhadamente no pedido de patente EU 17 173 929.5.

[0117] Além disso, na interação, um dos parâmetros da armação do modelo de armação paramétrico também pode ser estabelecido por um usuário. Por exemplo, um usuário pode aqui alterar a determinação de parâmetros ocorrida através do cálculo automático na etapa 312. Nesse caso, isso reduz o número dos parâmetros de armação na etapa 310, e o método é continuado na etapa 36. Se após a interação o usuário estiver, por fim, satisfeito com o ajuste, o método é concluído na etapa 311. Nesse caso, pode ocorrer ainda um controle final. No controle final, o usuário (por exemplo, um oculista) verifica os dados da disponibilização. Nesse caso, os dados do pedido, assim como

representações correspondentemente gráficas, são exibidos para o mesmo em uma tela de visão geral. As representações mostram os parâmetros da armação de óculos e/ou da cabeça determinados no contexto do método, como largura da ponte e ângulo das abas do nariz, etc., e também os parâmetros da armação pedida, eventualmente também indicações de desvios de uma forma ideal, que é pré-definida, por exemplo, pelos requisitos de ajuste. A determinação de parâmetros desse tipo será ainda explicada mais tarde. Os parâmetros apurados podem então ser transmitidos a um sistema de pedidos do respectivo fabricante, para pedir uma armação de óculos real com os parâmetros correspondentes.

[0118] Em seguida, aspectos individuais do método da Figura 3 são explicados em mais detalhes com referência às Figuras 4 a 15.

[0119] A Figura 4 mostra um fluxograma de um método de acordo com um exemplo de modalidade. A Figura 4 mostra uma divisão da armação de óculos em um ajuste com base em requisitos de ajuste atribuídos a um respectivo modelo de armação paramétrico, seguido por um ajuste a uma anatomia da cabeça.

[0120] No método da Figura 4, na etapa 40 ocorre um ajuste do modelo de armação paramétrico a um modelo 3D da cabeça da pessoa com base em requisitos de ajuste, os quais são pré-definidos especificamente para a armação de óculos pelo fabricante da armação de óculos da respectiva armação de óculos. Esses requisitos de ajuste podem se referir a indicações estéticas, conforme será também explicado em mais detalhes mais abaixo. Exemplos de implementação para essa etapa serão ainda explicados em mais detalhes mais tarde. A etapa 40 pode ser realizada, por exemplo, no contexto da etapa 312 da Figura 3.

[0121] Através do ajuste na etapa 40 pode ser estabelecida uma primeira parte de parâmetros do modelo de armação paramétrico.

[0122] Na etapa 41 é então efetuado um ajuste geral à anatomia da cabeça da pessoa, isto é, o ajuste na etapa 41 ocorre de modo independente dos requisitos específicos. Esse ajuste pode ocorrer conforme descrito no estado da técnica citado ao início, e pode igualmente ocorrer na etapa 312 ou eventualmente também no ajuste nas etapas 34 e 35. O ajuste de óculos anatômico pode então também acontecer diretamente com base nos metadados do modelo de cabeça, ou também conforme explicado em Johannes Eber, „Anatomische Brillenanpassung“, Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH, 1987, página 23 ss.

[0123] A Figura 5 mostra um fluxograma detalhado de uma implementação do método da Figura 4.

[0124] Nas etapas 50 a 53 da Figura 5 são disponibilizados os dados de entrada para o método. Na etapa 51 um fabricante de armações cria um modelo de armação paramétrico para uma armação de óculos. O modelo de armação paramétrico da etapa 51 pode ser, nesse caso, transferido para um formato normalizado unitário, o qual é utilizado no método de acordo com a invenção, quando os dados são fornecidos pelo fabricante de óculos em um formato CAD (*Computer Aided Design*) proprietário.

[0125] Além disso, uma redução de dados (por exemplo, uma redução do número de triângulos ou vóxeis no modelo 3D) ou uma compressão de dados pode ocorrer com o ajuste de métodos de compressão convencionais.

[0126] Na etapa 50 o fabricante de armação cria requisitos de ajuste específicos para esse modelo de armação paramétrico, o qual pode ter em consideração, conforme explicado, aspectos estéticos no ajuste da armação.

[0127] Nas etapas 52 e 53 é criado e analisado um modelo 3D da cabeça da pessoa. Na etapa 52 é, nesse caso, criado primeiro o modelo

com um sistema de medição 3D, particularmente com o mecanismo de câmera mostrado na Figura 2. Podem ser também utilizados outros sistemas de medição, como escaneadores de cabeça 3D. Exemplos de tais escaneadores de cabeça se encontram em <http://cyberware.com/products/scanners/ps.html> ou [http://www.3d-shape.com/produkte/face\\_d.php](http://www.3d-shape.com/produkte/face_d.php), respectivamente, de 8 de junho de 2017. Na etapa 53 pontos ou zonas são então identificados como características nesse modelo de cabeça, por exemplo, pontos ou características, conforme também são utilizados no estado da técnica explicado ao início.

[0128] Na etapa 54 ocorre então o ajuste da armação de acordo com os requisitos específicos, de modo correspondente à etapa 40 da Figura 4. Como valor inicial para o ajuste, na etapa 54 também pode ser estabelecida uma posição nominal e orientação da armação de óculos. Como posição nominal e orientação nominal, que podem servir como valor inicial para o ajuste, pode servir uma posição por meio de metadados, como no pedido de patente EU 17 173 929.5 com parâmetros padrão pré-definidos para o modelo de armação paramétrico. Em alternativa, a posição nominal pode ser calculada, em alguns casos, a partir dos requisitos de ajuste específicos. Os requisitos de ajuste específicos definem, por exemplo, a localização preferencial da borda da armação relativamente aos centros das pupilas no plano xz; a distância ao vértice da córnea nominal (por exemplo, 12 mm) define a localização em direção do eixo y. A inclinação para a frente como parte da orientação da armação no espaço, ou seja, o ângulo em torno do eixo x, pode ser fixada em um valor nominal de, por exemplo, 9 graus. Isso pode ser também parte integrante dos requisitos de ajuste específicos.

[0129] Na etapa 55 ocorre então um ajuste da armação a circunstâncias anatômicas da cabeça. Nesse caso, parâmetros que não

tenham sido ainda ajustados na etapa 54, isto é, parâmetros ainda livres, são ainda ajustados.

[0130] Na etapa 56 ocorre uma colocação virtual e *rendering*, e na etapa 57 ocorre um ajuste manual. A colocação virtual e o ajuste manual ocorrem, nesse caso, conforme já descrito com referência à Figura 3, referências numéricas 33 a 310.

[0131] Na etapa 58 ocorre uma transmissão a um sistema de pedidos do fabricante de armações, de modo correspondente à etapa 311 da Figura 3.

[0132] A utilização de requisitos de ajuste específicos para a armação e o ajuste correspondente serão agora explicados em mais detalhes com referência às Figuras 6 a 10.

[0133] A Figura 6 mostra diferentes características do rosto, que se adequam como características e pontos no rosto para requisitos de ajuste específicos desse tipo. Em outras palavras, nos requisitos de ajuste, em um exemplo de modalidade desse tipo, é indicada uma posição alvo ou uma faixa alvo de características da armação de óculos relativamente a pontos do rosto desse tipo. Características de rosto desse tipo são também explicadas em Johannes Eber, "Anatomische Brillenanpassung", Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH, 1987, página 17ss.

[0134] Exemplos são:

[0135] 1. Posição dos olhos, particularmente os centros das pupilas (ponto de cruzamento da linha L2 com as linhas LB na Figura 6). A linha L2 designa, além disso, o eixo das pupilas.

[0136] 2. Medida da caixa dos olhos, isto é, medida de um retângulo, que é delineado em torno dos olhos - posição de cada retângulo, largura e altura dos retângulos.

[0137] 3. Posição do nariz de modo correspondente às linhas LA e L3 na Figura 6.

[0138] 4. Largura do rosto e posição das têmporas de modo correspondente às linhas LD da Figura 6.

[0139] 5. Altura do rosto entre as linhas L1 e L5 da Figura 6, assim como a linha do queixo (linha L5) da Figura 6.

[0140] 6. O raio de curvatura da zona do queixo, isto é, da parte do queixo que toca na linha L5.

[0141] 7. Posição das sobrancelhas, sendo que a linha L1 da Figura 6 representa um eixo central das sobrancelhas e as linhas LC representam uma delimitação externa das sobrancelhas.

[0142] 8. Posição da boca de modo correspondente da linha L4 da Figura 6.

[0143] As características acima podem ser identificadas através de uma abordagem, conforme descrito mais tarde, por meio de um modelo de cabeça paramétrico ou também através de métodos de análise de imagens (reconhecimento de imagens) e/ou através de aprendizagem mecânica em imagens captadas pelo mecanismo de câmera da Figura 2 e, assim, a sua posição pode ser determinada no modelo 3D da cabeça. Uma possibilidade para o reconhecimento automático de tais características é também descrita em V. Kazemi, J. Sullivan, "One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014.

[0144] Na seguinte descrição, designações como olho esquerdo, olho direito, metade esquerda do rosto ou metade direita do rosto devem ser entendidas a partir do ponto de visto da pessoa à qual os óculos são ajustados.

[0145] A Figura 7 mostra um método detalhado para o ajuste da armação de óculos com base nos requisitos de ajuste, ou seja, um exemplo detalhado para a etapa 40 da Figura 4 ou a etapa 54 da Figura 5, em conjunto com a disponibilização dos dados.

[0146] Na etapa 70 na Figura 7 são disponibilizados requisitos de ajuste para um modelo de armação paramétrico, os quais são lidos em um mecanismo de computação na etapa 73, para poder utilizar os mesmos no método representado. Os requisitos de ajuste estão armazenados, por exemplo, como arquivos de texto, como um arquivo xml ou arquivo JSON.

[0147] Na etapa 71 é disponibilizado um modelo de armação paramétrico, ao qual estão atribuídos os requisitos de ajuste da etapa 70. Ao modelo de armação paramétrico podem estar atribuídos metadados que designam, por exemplo, determinadas zonas ou pontos do modelo de armação. Metadados desse tipo de um modelo de armação estão também descritos no pedido de patente EU 17 173 929.5. Esse modelo de armação paramétrico é lido na etapa 74. Na etapa 77 os parâmetros do modelo de armação paramétrico resultantes da leitura na etapa 74 e as suas faixas de valores são disponibilizados para uma otimização subsequente. Por fim, na etapa 72 um modelo 3D de uma cabeça da pessoa, que deve ser ajustado à armação de óculos, é disponibilizado com metadados associados, o qual é lido na etapa 75.

[0148] Na etapa 76 ocorre uma análise sintática dos requisitos de ajuste. Por análise sintática se entende uma decomposição e conversão de dados de entrada em um formato adequado para o processamento adicional. Um analisador sintático é um mecanismo correspondente (habitualmente implementado por um programa de computador), que realiza uma tal análise sintática. Detalhes mais pormenorizados se encontram no artigo de Wikipedia "Parser", de 19 de maio de 2017.

[0149] Os requisitos de ajuste são traduzidos particularmente em um formato que é adequado para um método de otimização subsequente. Os requisitos de ajuste podem conter, nesse caso, conforme explicado, tamanhos alvo e/ou zonas acessíveis, particularmente para distâncias entre características da armação de

óculos e características na cabeça, por exemplo, uma distância entre a borda de armação superior e as sobrancelhas, uma distância entre a borda da armação da armação da aresta superior dos olhos, uma distância da borda de armação inferior de uma aresta inferior dos olhos ou uma localização relativa das pupilas das bordas de armação. Além disso, distâncias de características derivadas calculadas, isto é, pontos ou zonas, que são derivadas de várias características da cabeça e/ou da armação, também podem ser utilizadas. Características derivadas desse tipo são também designadas por características auxiliares.

[0150] Um exemplo de uma característica auxiliar desse tipo está representado na Figura 8. A Figura 8 mostra uma cabeça 80 com uma armação de óculos 81. Com 80 é designado um círculo imaginado com um raio da semilargura do rosto e ponto médio na aresta inferior do nariz.  $y_{UN}$  designa, na Figura 8, a aresta inferior do nariz,  $y_{UK}$  designa uma aresta inferior do queixo, e  $y_{UD}$  designa uma aresta inferior dos olhos.  $y_G$  designa a largura do rosto, isto é, a distância das linhas D da Figura 6. Um exemplo de uma característica auxiliar derivada  $y_H$ , que é definida com a ajuda de um termo nos requisitos de ajuste 70, o qual é registrado durante a análise sintática na etapa 76, é

$$y_H = (y_{UK} - (y_{UN} - 0,5 \cdot x_G)) / 0,5 \cdot x_G$$

[0151] Esse valor  $y_H$  representa um desvio de uma aresta aritmética inferior do queixo de um rosto ideal em relação a uma aresta real inferior do queixo como relação para a semilargura do rosto e é uma medida para o comprimento vertical do rosto abaixo do nariz. Uma característica auxiliar desse tipo pode ser utilizada para o estabelecimento das proporções das bordas de armação inferiores da armação de óculos. Desse modo, pode ser tido em consideração que o comprimento do rosto em direção vertical também pode ter uma influência na impressão estética que a armação de óculos produz e, assim, os requisitos de ajuste específicos podem pré-definir uma

relação do tamanho e/ou forma da armação de óculos para o parâmetro  $y_H$ .

[0152] Um outro exemplo de um requisito de ajuste é uma posição das pupilas dentro de uma caixa descritiva da armação. Isso está representado na Figura 10D. A Figura 10D mostra a armação de óculos 81 com uma caixa descritiva da armação 102, aqui para o olho direito.

[0153] A altura da visão da pupila (altura da pupila sobre a borda inferior da armação) é designada com  $y$ , a localização horizontal da pupila é designada com  $x$ . A largura da caixa 102 perfaz  $\Delta a$  e a altura da caixa perfaz  $\Delta b$ . O requisito de ajuste pode prever então, por exemplo, que a pupila se possa situar, em direção horizontal, entre o centro da caixa e a seção áurea nasal, isto é,  $\Delta a \cdot 3,82 < x < \Delta a \cdot 0,5$ . A seção áurea significa, nesse caso, que a relação entre  $x$  e  $\Delta a$  é igual à relação entre  $\Delta a$  e  $\Delta a$ , o que é o caso de  $x = \Delta a \cdot 3,82$ . As posições de olhos que estão mais próximas no lado interior da borda de armação do que essa seção áurea são, em geral, interpretadas como menos estéticas.

[0154] Um requisito similar pode estabelecer a posição dos olhos na direção vertical, nomeadamente que a pupila se situa na direção vertical entre o centro da caixa da caixa 102 e o valor para a seção áurea acima do centro, isto é,  $\Delta b \cdot 0,5 < y < \Delta b \cdot 0,618$ .

[0155] Os requisitos de ajuste podem também ser disponibilizados diretamente como fórmula de cálculo, sendo que as variáveis da fórmula de cálculo são então as características descritas acima. Em outras palavras, os parâmetros de armação podem ser indicados diretamente no requisito de ajuste específico como termo, ou podem ser determinados iterativamente através de um polimento de otimização. No último caso, é otimizada uma qualidade de ajuste, que está definida com a ajuda dos termos; os termos estabelecem objetivos - mas esses objetivos não foram, no caso geral, atingidos; por conseguinte, por

exemplo, uma expressão da forma "tamanho alvo=termo" contribuiria, no sentido de uma otimização, por exemplo, no sentido dos métodos dos quadrados menores apenas para a qualidade do ajuste, mas não seria diretamente cumprida.

[0156] A análise sintática na etapa 76 ocorre, em particular, para as características auxiliares abordadas, para tamanhos alvo e regras de cálculo para as mesmas e opcionalmente para um valor de qualidade como tamanho escalar, que está presente, por exemplo, na forma de uma soma quadrática ponderada do desvio dos tamanhos alvo e eventualmente pode apresentar um termo punitivo adicional, conforme já foi descrito mais acima.

[0157] Na etapa 79 é então criada uma lista de árvores sintáticas para os termos da etapa 76.

[0158] De modo correspondente, na etapa 78, para o modelo da cabeça, são determinados posição, orientação e dimensão para valores, como posição do centro da pupila, posição e dimensão do olho (por exemplo, de um canto direito descritivo do olho), posição, orientação e dimensão do nariz, posição, orientação e posição das sobrancelhas e/ou posição do queixo.

[0159] Na etapa 710, os termos das árvores para características auxiliares são avaliados, isto é, determinam-se quais características auxiliares estão presentes, e na etapa 711 são determinados valores para essas características auxiliares, por exemplo, para o valor yH explicado acima. Na etapa 712 ocorre então uma etapa de otimização. Aqui, parâmetros de armação do modelo de armação paramétrico são variados e os termos são avaliados, até terem sido alcançados tamanhos alvo na etapa 713. Daí se dá, em 714, um conjunto de parâmetros para uma parte dos parâmetros de armação, os quais foram ajustados com base nos requisitos de ajuste. Esses parâmetros são particularmente parâmetros que têm um efeito estético, por exemplo,

escalonamento da armação de óculos, inclinação para a frente da armação de óculos e/ou um formato da borda de armação no caso de uma borda de armação variável. Outros parâmetros como, por exemplo, ângulo de plaquetas ou um comprimento de hastes de óculos ou uma largura de ponte são deixados primeiro em valores padrão, os quais são pré-definidos pelo fabricante. Esses são então ajustados durante o ajuste anatômico (por exemplo, etapa 41 da Figura 4).

[0160] O polimento de otimização pode também compreender uma colocação virtual, por exemplo, conforme descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5. Através das etapas anteriores, incluindo o ajuste dos parâmetros do modelo de armação paramétrico, é assegurada uma convergência da otimização para um ajuste de óculos ótimo. Durante a colocação virtual se dá como resultado, por um lado, os parâmetros da deslocação matemática (6 graus de liberdade, consultar o artigo de Wikipedia, "Bewegung (Mathematik)", de 22 de maio de 2017), representáveis, por exemplo, como matriz de rotação e vetor de translação e, por outro lado, os parâmetros da flexão da armação. Esse último é geralmente um parâmetro único para o ângulo que o ponto de apoio das orelhas percorre durante a flexão. Isso corresponde à colocação virtual, conforme é descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5. O resultado da colocação virtual aí descrita são a rotação e translação da armação e os parâmetros da deformação das hastes.

[0161] Após a colocação estão disponíveis todas as características específicas da armação no sistema de coordenadas da cabeça. Para isso, o movimento matemático é aplicado às características. Por exemplo, a posição e orientação das plaquetas direita e esquerda da armação individualizada são calculadas - isto é, da armação correspondente ao modelo de armação paramétrico com parâmetros ajustados. Idealmente, essa posição e orientação devem coincidir com a posição anteriormente calculada na etapa do ajuste dos parâmetros

específicos para a armação, na qual a característica correspondente da aba do nariz foi harmonizada com a característica na armação, conforme será posteriormente explicado mais concretamente. Pode, contudo, acontecer que o método da colocação virtual, devido a limitações da individualização na zona do nariz, não resulte no mesmo resultado durante a determinação da posição da armação que o método de ajuste. Isso pode ser condicionado por exemplo, por assimetrias do nariz real, em conexão com um apoio de nariz simétrico da armação. Geralmente, as posições devem, contudo, ser apenas muito ligeiramente diferentes. No caso de diferenças ligeiras (por exemplo, distância do ponto médio da plaqueta inferior a 1 mm), isso pode ser ignorado. No caso de diferenças maiores, a nova posição após a colocação virtual pode desencadear um novo método de ajuste dos parâmetros a serem determinados com base nos requisitos de ajuste específicos da armação. É também possível um retorno em forma de uma indicação ao usuário de uma possível compatibilidade do modelo de armação.

[0162] As Figuras 10A a 10C ilustram esse posicionamento do olho dentro da caixa 102 para diferentes distâncias das pupilas  $PD_1$  (Figura 10A),  $PD_2$  (Figura 10B) e  $PD_3$  (Figura 10C) na cabeça 80, sendo que  $PD_1$  é uma distância das pupilas relativamente pequena,  $PD_2$  é uma distância as pupilas média e  $PD_3$  é uma distância das pupilas relativamente grande. Para o ajuste estético, no caso da Figura 10A, uma borda exterior da forma da armação 100 é engrossada e formada com mandíbulas dominantes, para conservar, por exemplo, a condição da seção áurea. As mandíbulas são a parte exterior da parte média da armação de óculos, sendo que a parte interna é designada por ponte. O parâmetro alterado é aqui, portanto, o formato da armação. No caso da Figura 10C, é selecionada uma zona dominante ou uma ponte dominante, eventualmente em conexão com uma maior largura de

ponte, para obter uma impressão estética indesejada.

[0163] A Figura 9 mostra exemplos do ajuste dos parâmetros com base em requisitos de ajuste para a obtenção de um efeito estético desejado. As Figuras 9A a 9C mostram, nesse caso, um efeito de um escalonamento da armação de óculos 81. Na Figura 9A, é colocada virtualmente na pessoa uma armação muito pequena, que é pequena demais dos pontos de vista estéticos e modernos. Na Figura 9C a armação é muito grande. Na Figura 9B a armação apresenta um tamanho médio. Para assegurar um tamanho de óculos esteticamente adequado, os requisitos de ajuste podem, nesse caso, estipular distâncias da borda de armação da borda do rosto e/ou das sobrancelhas.

[0164] As Figuras 9D a 9F mostram uma influência da largura da ponte. A largura da ponte é configurada, no exemplo de modalidade aqui descrito, durante o ajuste anatômico, para assegurar um assentamento anatomicamente correto da armação de óculos sobre o nariz, o que é explicado em mais detalhes mais abaixo. Contudo, a mesma pode também alterar a impressão estética, o que pode ter ainda em consideração durante o ajuste anatômico. Na Figura 9D é selecionada uma largura de ponte pequena  $b_1$ . Aqui a armação assenta de modo alto demais devido a uma colisão com o dorso do nariz. Na Figura 9E a largura da ponte foi um pouco alargada para uma largura da ponte  $b_2$ . Desse modo, a armação de óculos assenta de modo um pouco mais baixo e harmônico. No caso da Figura 9F, a largura da ponte foi ainda mais reduzida para um valor  $b_3$ . Aqui, durante o ajuste anatômico, pode ser garantido que as pupilas se situam dentro de uma faixa predefinida relativamente às bordas da armação, por exemplo, com base na seção áurea.

[0165] Desse modo, com a ajuda de requisitos de ajuste e através da divisão em um ajuste com base nos requisitos de ajuste, seguido por

um ajuste à anatomia da cabeça, pode ser assegurado que especificações de um fabricante de óculos, que são particularmente de caráter estético, podem ser cumpridas.

[0166] No caso do método referido acima, e também em outros métodos para o ajuste de óculos, por exemplo, no método descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5 ou em alguns dos métodos, que foram explicados como estado da técnica ao início, é necessária a posição de determinados pontos no modelo 3D da cabeça e/ou são necessários metadados, que caracterizem determinadas zonas para o ajuste de óculos, como um ponto de apoio ou uma zona de apoio das orelhas. Uma possibilidade é determinar pontos ou zonas desse tipo manualmente ou por meio de métodos de reconhecimento de amostras. Uma outra possibilidade é agora explicada com referência às Figuras 11 a 15.

[0167] A Figura 11 mostra um método para estabelecer pontos de medição no modelo 3D da cabeça da pessoa, de acordo com um exemplo de modalidade. Por pontos de medição são entendidos pontos que podem ser aproveitados para o método descrito acima como, por exemplo, pontos que descrevem características de rosto, como orelhas, olhos, sobrancelhas e similares.

[0168] Na etapa 110 é disponibilizado um modelo de cabeça paramétrico com pontos de medição. Um modelo de cabeça paramétrico é, nesse caso, um modelo paramétrico, que descreve uma cabeça. Através de alteração dos parâmetros do modelo paramétrico, o formato da cabeça descrito pelo modelo de cabeça se altera. O termo modelo de cabeça paramétrico, conforme aqui utilizado, inclui também modelos que descrevem apenas uma parte da cabeça, por exemplo, apenas as partes que são necessárias para um ajuste de óculos (particularmente a porção dos olhos, nariz e orelhas). Um exemplo de um modelo de cabeça paramétrico será explicado posteriormente, com

referência às Figuras 13A e 13C. Sobre esse modelo de cabeça paramétrico são estabelecidos pontos de medição, por exemplo, através da seleção manual. Exemplos de pontos de medição desse tipo serão explicados também mais tarde, com referência às Figuras 13A e 13C.

[0169] Na etapa 111 o modelo de cabeça paramétrico é então ajustado ao modelo 3D da cabeça da pessoa. Para isso, podem ser utilizados métodos de otimização convencionais aleatórios, que ajustam os parâmetros do modelo de cabeça paramétrico, de forma que esteja presente um desvio o mais baixo possível entre o modelo de cabeça paramétrico e o modelo 3D da cabeça da pessoa (por exemplo, por meio do método dos quadrados menores ou do método no artigo de J. Booth et al. citado acima). Na etapa 112 os pontos de medição são então transferidos com base no ajuste para o modelo 3D da cabeça da pessoa. Em outras palavras, a posição dos pontos de medição sobre o modelo de cabeça paramétrico ajustado é aproveitada para estabelecer pontos de medição correspondentes no modelo 3D da cabeça. Isso pode ocorrer através de uma projeção do modelo de cabeça paramétrico sobre o modelo 3D da cabeça, por exemplo, ao ser utilizado um ponto de seção de um vetor normal, isto é, de um vetor perpendicular no ponto de medição no modelo de cabeça paramétrico, com o modelo 3D da cabeça. Em modelos exatos, a posição do ponto de medição também pode ser utilizada diretamente no modelo de cabeça paramétrico como posição no modelo 3D da cabeça.

[0170] Desse modo, pontos de medição para modelos 3D essencialmente aleatórios de cabeças aleatórias podem ser determinados, sendo que os pontos de medição têm de ser estabelecidos apenas uma vez no modelo de cabeça paramétrico.

[0171] A Figura 12 mostra um método detalhado, o qual aproveita um modelo de cabeça paramétrico para estabelecer pontos de medição

em um modelo 3D de uma cabeça de uma pessoa, incorporado em um método para o ajuste virtual de óculos. Em vez do método para o ajuste virtual de óculos da Figura 12, os métodos explicados anteriormente com referência às Figuras 1 a 10 também podem servir como possibilidade de aplicação para o método da Figura 11.

[0172] Na Figura 12 é disponibilizado na etapa 120 um modelo de armação paramétrico com parâmetros livres. No exemplo de modalidade da Figura 12, os parâmetros livres servem para o ajuste anatômico. Em outros exemplos de modalidade pode ocorrer ainda, conforme explicado mais acima, um ajuste por meio de requisitos de ajuste específicos da armação.

[0173] Na etapa 121 é disponibilizado um modelo de cabeça paramétrico. O modelo de cabeça paramétrico pode ser um modelo de rosto ou modelo de cabeça determinado graças a uma análise de componentes principais (PCA), conforme descrito, por exemplo, em A. Brunton, A. Salazar, T. Bolkart, S. Wuhler, "Review of Statistical Shape Spaces for 3D Data with Comparative Analysis for Human Faces", *Computer Vision and Image Understanding*, 128:1-17, 2014, ou também um modelo de cabeça, conforme descrito em J. Booth, A. Roussos, S. Zafeiriou, A. Ponniah und D. Dunaway „A 3D Morphable Model learnt from 10,000 faces", 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV 2016 páginas 5543 a 5552 data de emissão:10.1109/CVPR.2016.598. Na etapa 122 é disponibilizado um modelo 3D da cabeça da pessoa, que pode ser criado, por exemplo, com o mecanismo de câmera da Figura 2.

[0174] Na etapa 123 são determinados pontos de medição no modelo de cabeça paramétrico. Um exemplo de um modelo 3D desse tipo de pelo menos uma parte do rosto está representado em conjunto com eixos de coordenação na Figura 14.

[0175] Na etapa 123 são determinados pontos de medição no

modelo de cabeça paramétrico. Para isso, é disponibilizada uma chamada cabeça padrão do modelo de cabeça paramétrico. Uma cabeça padrão é uma cabeça na qual os parâmetros do modelo de cabeça paramétrico assumem valores padrão pré-definidos. No caso de um modelo de cabeça com base em uma análise de componentes principais, isso pode ser, por exemplo, uma cabeça média, que corresponde a um primeiro componente da análise de componentes principais.

[0176] Na etapa 123 são estabelecidos pontos de medição no modelo de cabeça paramétrico. Isso pode acontecer manualmente através do estabelecimento de pontos. Um exemplo de um estabelecimento desse tipo é mostrado na Figura 13A. Aqui, em uma cabeça padrão 130 do modelo de cabeça paramétrico, é estabelecida uma pluralidade de pontos, por exemplo, ângulo da boca, ponta do nariz, pontos em uma linha da testa, pontos de olhos, base do nariz e pontos em abas do nariz. Um outro exemplo é mostrado na Figura 13C. Aqui está marcado um triângulo 132, isto é, três pontos sobre uma aba do nariz do modelo de cabeça 130.

[0177] Na etapa 124 um modelo de cabeça paramétrico é ajustado ao modelo 3D da cabeça da pessoa através de um método de adaptação. Um método de adaptação é um método no qual parâmetros do modelo de cabeça paramétrico são determinados, de forma que o modelo de cabeça paramétrico seja ajustado do modo mais exato possível ao modelo 3D da cabeça da pessoa, por exemplo, de acordo com o critério dos quadrados menores. As etapas 123 e 124 podem ocorrer em sequência aleatória. A etapa 123 precisa ser realizada apenas uma vez antes da realização do método, de forma que os pontos de medição determinados em cada realização do método possam ser utilizados para diversos modelos 3D de cabeças de diversas pessoas e diversos modelos de armação paramétricos.

[0178] Na etapa 125 os pontos de medição são então transferidos para o modelo de cabeça paramétrico adaptado. Em outras palavras, a posição dos pontos de medição é determinada no modelo de cabeça adaptado. Para isso, a mesma transformação que é aproveitada para chegar, a partir do modelo de cabeça padrão no qual na etapa 123 foram determinados pontos de medição, ao modelo de cabeça paramétrico adaptado, é aplicada essencialmente aos pontos de medição, por exemplo, conforme descrito no artigo de J. Booth et al. referido acima. Na etapa 126 os pontos de medição são opcionalmente transferidos para o modelo 3D da cabeça. Se a etapa 126 é utilizada ou não depende da exatidão do modelo utilizado, isto é, de quão exatamente o modelo de cabeça paramétrico adaptado corresponde ao modelo 3D da cabeça da pessoa. Se, por exemplo, o desvio quadrático médio for inferior a um valor de limite, a etapa 126 pode ser omitida. A transferência dos pontos de medição do modelo de cabeça paramétrico adaptado para o modelo 3D da cabeça da pessoa pode ocorrer através de uma projeção, na qual um vetor normal é determinado por um respectivo ponto de medição no modelo de cabeça adaptado, e o ponto de seção desse vetor normal com o modelo 3D da cabeça da pessoa é então utilizado como ponto de medição correspondente no modelo 3D da cabeça da pessoa. Exemplos são mostrados nas Figuras 13B e 13D. Na Figura 13B os pontos da Figura 13A estão projetados em um modelo 3D 131 da cabeça da pessoa, e na Figura 13D o triângulo 132 da Figura 13C está projetado como triângulo 132' no modelo 3D 131.

[0179] Essa projeção funciona de modo fiável em muitos modelos de rosto, uma vez que modelos paramétricos apresentam frequentemente uma suavidade elevada, particularmente uma suavidade mais elevada do que um modelo 3D típico da cabeça, conforme representado na Figura 14. A suavidade de superfície pode, nesse caso, ser definida como medida do desvio local de vetores

normais. Em alternativa, como medida, o desvio local da nuvem de pontos do modelo 3D da cabeça também pode estar definido por uma superfície polinomial aproximativa, por exemplo, respectivamente em zonas locais de 5 mm de diâmetro. Superfícies polinomiais são, muitas vezes, infinitamente diferenciáveis e, desse modo, designadas por "lisas" na geometria diferencial. Um alisamento local por meio de "*moving least squares*" (MLS), que pode ser aplicado em exemplos de modalidade, está descrito em <http://pointclouds.org/documentation/tutorials/resampling.php>, de 8 de junho de 2017.

[0180] Além disso, (não representado na Figura 12) pode ser utilizada uma etapa manual, para marcar outros pontos de medição no modelo 3D da cabeça. Esses podem ser, em particular, pontos que não são facilmente registrados com o modelo 3D, por exemplo, partes da pessoa cobertas por cabelo. Isso pode ser o caso, em particular, das orelhas. Por conseguinte, esses pontos não são identificáveis de modo exato no modelo 3D da cabeça da pessoa e podem ser manualmente adicionados. Um exemplo de um ponto de medição desse tipo é um ponto de apoio das hastes de óculos na base das orelhas.

[0181] Na etapa 127 características são calculadas com base em pontos de medição (em pontos de medição no modelo de cabeça adaptado, se a etapa 126 não se aplicar ou nos pontos de medição transferidos, se a etapa 126 for realizada). Essas características, também designadas por características de medição, têm como base grupos de pontos de medição e definem, por exemplo, uma zona da cabeça.

[0182] As características podem ser apuradas por meio de cálculo direto (por exemplo, 3 pontos não colineares no espaço definem claramente um plano, cujo vetor normal pode ser calculado por meio de produto cartesiano a partir dos vetores diferenciais normalizados; 4

pontos não coplanares definem uma esfera, 5 pontos não coplanares definem um cilindro) ou por meio de aproximação de uma primitiva geométrica (pontos, linhas ou superfícies), como de um plano ou bola ou de um cilindro, a determinados pontos de medição. A característica é então determinada através dos parâmetros da primitiva geométrica, no caso de um plano, por exemplo, através de vetor normal e ponto receptor do plano, no caso de uma bola através de ponto médio e raio da bola, etc. A seguir são indicados exemplos de características desse tipo, que são calculadas na etapa 127:

- aba do nariz esquerda ou direita

[0183] Para a aba esquerda ou direita do nariz, pode ser utilizado como característica um plano (por exemplo, correspondente ao triângulo 132' da Figura 13D) definido através da aproximação a uma pequena zona do modelo, na zona do apoio do nariz ou das zonas para as plaquetas (por exemplo, com um diâmetro de 6 mm). A partir da localização do plano se dão os ângulos de aba do nariz horizontal e vertical. Nesse caso, o plano no ponto médio da zona do apoio do nariz é cortado com os eixos de coordenadas e, respectivamente, é medido o ângulo resultante. Se estiverem marcados, por exemplo, três pontos, de modo correspondente ao triângulo 132, em cada aba do nariz na Figura 13C, o plano pode ser calculado a partir dos três pontos. No caso de mais de três pontos, o plano pode ser calculado através de um método de ajuste, por exemplo, por meio de decomposição de componentes principais na quantidade de pontos, ou através de um ajuste com a ajuda do método dos quadrados menores. Um plano individual é representável, conforme referido acima, por um ponto ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ) no plano e por um vetor normal ( $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$ ) por esses pontos, sendo que  $x$ ,  $y$  e  $z$  são coordenadas cartesianas. Ambas as abas do nariz em conjunto podem, portanto, ser representadas como duodécuplo, isto é, como 12 valores (2 pontos e 2 vetores normais), por exemplo, como

$(X_{[N,OD]}, Y_{[N,OD]}, Z_{[N,OD]}, nX_{[N,OD]}, ny_{[N,OD]}, nZ_{[N,OD]}, X_{[N,OS]}, Y_{[N,OS]}, Z_{[P,OS]}, nX_{[N,OS]}, ny_{[N,OS]}, nZ_{[N,OS]})$

[0184] Nesse caso, o índice N designa o nariz, o índice OD designa o olho direito (oculus dexter) e o índice OS designa o olho esquerdo (oculus sinister).

- curvatura da testa

[0185] Aqui, um corte de uma curva circular pode ser ajustado no espaço a pontos de medição na testa, conforme representado nas Figuras 13A e 13C. Parâmetros desse ajuste são ponto médio, raio e vetor normal de um plano, que se situa no círculo. Esse ajuste pode ocorrer em duas etapas. Primeiro é realizado um ajuste de um plano, conforme descrito acima para as abas do nariz, e um círculo é então ainda ajustado no plano. Esse ajuste do círculo pode acontecer, por exemplo, com o método dos quadrados menores ou em qualquer outro método de ajuste convencional.

- sobancelha e/ou maçãs do rosto

[0186] Aqui, uma superfície de *spline* S é ajustada em um campo em torno das sobancelhas e/ou em um campo em torno das maçãs do rosto (consultar o artigo de Wikipedia "Spline", de 23 de maio de 2017) ou um polímono bivariado (consultar, por exemplo, <https://en.wikipedia.org/wiki/Polynomial#Definition> → "bivariate polynomial", de 8 de junho de 2017), aos pontos de medição no campo das sobancelhas e no campo de maçãs do rosto. Em uma representação de *spline*

$$S_{(c_1, \dots, c_n)}: (x, z) \rightarrow y$$

coeficientes  $(c_1, \dots, c_n)$  da função de *spline* S são determinados, de forma que para uma quantidade de pontos de medição  $\{(x_1, y_1, z_1), \dots, (x_m, y_m, z_m)\}$  no campo correspondente (sobancelhas ou maçãs do rosto), um erro F é mínimo na raiz quadrada média, isto é, o erro F tem a seguinte configuração

$$F(c_1, \dots, c_n) = \sum_{i=1 \dots m} (y_i - S_{(c_1, \dots, c_n)}(x_i, z_i))^2$$

[0187] Nessa representação é assumido que, posteriormente, o método da colocação da armação ocorre através de deslocação paralela a um eixo xy com um valor y respectivamente fixado no sistema de coordenadas da Figura 14. Se for preciso concretizar uma distância mínima de uma borda posterior da armação do modelo 3D da cabeça através do método de ajuste, esse valor de distância pode ser definido previamente como *offset* na superfície de *spline*. Um toque através de concordância nos valores y pode ser então detectado (uma vez que o valor y é armazenado previamente como *offset*). Para isso, durante o ajuste posterior da armação de óculos, cada vértice da borda posterior da armação pode ser inspecionado, e um respectivo vértice concedido pelas coordenadas (x, y, z) é inspecionado com relação à diferença  $\Delta y = y - S_{(c_1, \dots, c_n)}(x, z)$  examinado. Durante a detecção de um toque ou imersão do vértice no modelo, uma posição da armação de óculos pode ser então ajustada ou a borda da armação da armação de óculos pode ser modificada.

- ponto de base das orelhas, que serve como ponto de apoio para as hastes de óculos

[0188] Para isso, pode ser utilizado um ponto individual no modelo de cabeça, isto é, aqui não precisam ser agrupados quaisquer pontos de medição. Em outras modalidades, uma curva de apoio das orelhas pode ser determinada, conforme está descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5. Caso seja utilizado um modelo sem modelação das orelhas (ver acima), por exemplo, um modelo de rosto puro, ou as orelhas tenham estado cobertas durante a criação do modelo 3D da cabeça da pessoa, esse ponto de base de orelhas pode ser gerado de outro modo, por exemplo, por aprendizagem mecânica em imagens, que tenham sido utilizadas para a criação do modelo 3D da cabeça, sendo que, para isso, pode ser utilizado um detector de características treinado

para detectar o ponto de base das orelhas nas imagens. Esses pontos detectados na imagem 2D são projetados, em uma outra etapa, sobre um modelo 3D da cabeça. Informações acerca de projeções desse tipo podem ser encontradas na literatura básica da geometria projetiva e calibração de câmeras, por exemplo, Hartley e Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", 2000, a partir da página 7 para a representação de pixels de imagens como linhas retas no espaço; projeção sobre um modelo 3D no espaço como cálculo do ponto de seção mais dianteiro na rede de triangulação com as linhas retas, também designado por "*Ray-Casting*", consultar também, por exemplo, a biblioteca de *software* "vtk", função "vtkModifiedBSPTree::IntersectWithLine". Alternativamente, um ponto desse tipo também pode ser determinado manualmente, conforme descrito acima.

[0189] Em alguns exemplos de modalidade, determinados pontos, como posição do olho ou posição da pupila, também podem ser determinados com um método separado, por exemplo, imagens captadas por meio de detecção da pupila e detecção da córnea com a câmera da Figura 2. Determinações desses tipos são descritas nos pedidos de patente EU 17 153 558.3 e EU 17 153 559.4.

[0190] Com base nas características assim calculadas na etapa 127, na etapa 128 são então calculados parâmetros de armação do modelo de armação paramétrico. A seguir é indicado um exemplo desse cálculo. Contudo, as características também podem ser utilizadas para o ajuste de armação descrito anteriormente, com base em requisitos de ajuste específicos ou para a colocação virtual, conforme descrito no pedido de patente EU 17 173 929.5.

[0191] Geralmente, para o ajuste, as características são avaliadas em combinação, em relação à localização relativa e/ou outras propriedades, como ângulo ou curvatura. A seguir são descritos alguns

exemplos para o cálculo dos parâmetros de armação na etapa 128. Esses podem também servir como exemplo para o ajuste anatômico da etapa 41 da Figura 4.

- largura da ponte

[0192] A largura da ponte está definida na norma DIN EN ISO 8624:2015-12, anexo A, e se dá a partir da posição relativa das plaquetas, uma vez que, no caso de uma largura de ponte mais ampla, as plaquetas ficam mais espaçadas e, no caso de uma largura de ponte mais estreita, as plaquetas ficam mais próximas. No caso de uma armação de óculos sem plaquetas, plaquetas generalizadas são definidas como zonas especiais, que estão previstas como zonas de contato com o nariz. A largura da ponte se dá como distância dos pontos médios dessas plaquetas generalizadas. Assim, a largura da ponte pode corresponder a uma distância de pontos médios de triângulos em ambas as abas do nariz, de modo correspondente ao triângulo 132' da Figura 13D. Como ponto médio do triângulo pode ser assumido, nesse caso, o foco geométrico, isto é, o ponto médio das bissetrizes.

[0193] A Figura 16 mostra, para ilustração, uma vista em perspectiva de um modelo de armação paramétrico com plaquetas 160 (nesse sentido) e da largura da ponte 161.

- posição relativa e ângulo das plaquetas

[0194] Esse ajuste é explicado na Figura 15. Aqui estão representadas abas do nariz como corte transversal. Esse está representado através de uma curva 150, e uma plaqueta 151 é ajustada.

[0195] Cada uma das duas abas do nariz pode ser ajustada através de um plano, que tem como base a respectiva plaqueta (plano tangencial). Esse plano da plaqueta, conforme descrito acima para outros planos, é aproximado através de um ponto receptor ( $x_P$ ,  $y_P$ ,  $z_P$ ) e de um vetor normal ( $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$ ). O ponto receptor pode ser concedido, em particular, como ponto médio da plaqueta. Em plaquetas no sentido

clássico, isto é, em armações de metal, esse ponto médio é está definido, por exemplo, através de uma projeção do foco da plaqueta sobre o lado exterior, isto é, a superfície de contato da plaqueta com o nariz - sendo que o ponto médio da plaqueta também pode ser, como ponto pré-definido, parte do modelo de armação parametrizável - isto é, esse ponto é fornecido em conjunto com o modelo. No caso de armações de plástico sem plaquetas deslocadas, a parte da armação, que está concebida como superfície de contato para o nariz (160 na Figura 16), designada por apoio de nariz ou aqui, de modo generalizado, por plaqueta. Desse modo, as duas plaquetas também podem ser representadas como duodécuplo, sendo que a representação, no presente exemplo de modalidade, ocorre no sistema de coordenadas local:

$$(X_{[P,OD]}, Y_{[P,OD]}, Z_{[P,OD]}, nX_{[P,OD]}, nY_{[P,OD]}, nZ_{[P,OD]}, X_{[P,OS]}, Y_{[P,OS]}, Z_{[P,OS]}, nX_{[P,OS]}, nY_{[P,OS]}, nZ_{[P,OS]})$$

sendo que o índice P representa a plaqueta.

[0196] A localização das plaquetas implica, conforme explicado acima, também a largura da ponte.

[0197] Nessa representação das plaquetas, a origem das coordenadas e a orientação do sistema de coordenadas podem ser selecionadas livremente, uma vez que o duodécuplo é passível de ser transferido através de uma ilustração de translação em comum no ponto receptor e de uma ilustração de rotação em comum e vetores normais para qualquer sistema de coordenadas. O pré-requisito é que no modelo de armação paramétrico todos os parâmetros possam ser livremente selecionáveis a partir do duodécuplo acima. Na prática, em um modelo de armação paramétrico, os parâmetros são limitados e existem valores máximos e mínimos para os parâmetros individuais do modelo de armação paramétrico (por exemplo, uma armação não pode ser manufaturada com um tamanho aleatório ou com uma largura de ponte

aleatoriamente maior ou aleatoriamente menor). Em todo o caso, tanto as plaquetas, como, conforme abordado acima, as abas do nariz, podem ser representadas como duodécuplo.

[0198] Os vetores normais podem ser representados, respectivamente, por dois ângulos teta e fi no espaço, em vez de em coordenadas cartesianas conforme acima (essencialmente uma representação em coordenadas polares, sendo que como comprimento (raio) do vetor normal 1 é selecionado:

$$(n_x, n_y, n_z) = (\sin(\text{fi}) \cdot \sin(\text{teta}), \cos(\text{fi}) \cdot \sin(\text{teta}), \cos(\text{teta})).$$

[0199] Desse modo, se dão, no total, 10 graus de liberdade para as plaquetas e, assim, também para a ponte do nariz) em conjunto, sendo que se obtém uma representação como décuplo:

$$(X_{[P,OD]}, Y_{[P,OD]}, Z_{[P,OD]}, \text{teta}_{OD}, \text{fi}_{OD}, X_{[P,OS]}, Y_{[P,OS]}, Z_{[P,OS]}, \text{teta}_{OS}, \text{fi}_{OS}) \\ = Z_{[P,OS]}$$

[0200] A interdependência entre largura da ponte do nariz e posição das plaquetas é visível a partir da Figura 15. Se a ponte do nariz for alargada, a distância entre os pontos receptores dos planos da plaqueta esquerda e direita aumenta de modo correspondente, e vice-versa.

[0201] Uma redução do número de parâmetros ocorre quando é assumido que a ponte e as plaquetas são simétricas entre si. Com o plano yz da Figura 14, como plano de simetria se aplica:

- i.  $X_{[P,OS]} = -X_{[P,OD]}$
- ii.  $Y_{[P,OD]} = Y_{[P,OS]}$  e  $Z_{[P,OD]} = Z_{[P,OS]}$
- iii.  $\text{teta}_{[P,OD]} = \text{teta}_{[P,OS]}$  e  $\text{fi}_{[P,OD]} = -\text{fi}_{[P,OS]}$

[0202] Se dão então como parâmetros livres ( $w$ ,  $y_P$ ,  $z_P$ , teta, fi) com  $\text{teta} = \text{teta}_{[P,OD]} = \text{teta}_{[P,OS]}$  e  $\text{fi} = \text{fi}_{[P,OD]} = -\text{fi}_{[P,OS]}$ .  $w$  é, nesse caso, a largura da ponte, sendo que se aplica  $X_{[P,OD]} = w/2$  e  $X_{[P,OS]} = -w/2$ . Desse modo, no caso simétrico, estão presentes 5 parâmetros livres, com os quais o modelo de armação paramétrico pode ser ajustado. Em função da armação, podem estar presentes menos graus de liberdade, ou os

graus de liberdade podem ser limitados por meio de requisitos de ajuste, conforme explicado acima.

[0203] Para ajustar o modelo de armação paramétrico ao modelo 3D da cabeça, os planos das plaquetas podem ser selecionados de forma que os mesmos coincidam com os planos das abas do nariz, isto é, no caso geral, os duodécuplos para as plaquetas coincidem com o duodécuplo para as abas do nariz.

[0204] Como limitação, por exemplo, a posição da ponte ou das plaquetas pode ser fixada no sistema de coordenadas local da armação (isto é, os valores  $y_P$ ,  $z_P$  são fixos), ou para teta e fi pode ser selecionada uma referência fixa, por exemplo, linear, em relação um ao outro, de forma que teta e fi não são passíveis de serem selecionados independentemente um do outro.

[0205] No caso de uma aba do nariz reduzida de parâmetros de armação, por exemplo, no caso simétrico referido acima, pode ser utilizada uma medianização. Se, por exemplo, os ângulos teta<sub>[P, OD]</sub> e teta<sub>[P, OS]</sub> correspondentes para as abas do nariz forem diferentes, pode ser utilizado um valor médio. Caso os ângulos sejam mais pronunciadamente diferentes entre si do que um valor de limite, pode ser emitido um alerta, de forma que a forma simétrica da armação resulte aqui em propriedades de desgaste desfavoráveis. Para avaliar quão desfavoráveis são essas propriedades de desgaste, pode ser utilizada uma medida de qualidade que designa a qualidade de ajuste anatômico. Uma tal medida de qualidade pode ser calculada com base nas distâncias referidas acima da armação de óculos de zonas da cabeça, sendo que distâncias diferentes com uma ponderação diferente podem ser incorporadas na medida de qualidade.

[0206] Em função da armação paramétrica, o número dos parâmetros livres pode ser ainda reduzido, por exemplo, a dois parâmetros na zona do apoio do nariz, nomeadamente a largura da

ponte e um parâmetro para o ângulo de alma. O ângulo de alma é explicado, por exemplo, em Johannes Eber, "Anatomische Brillenanpassung", Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH, 1987, página 26, imagem 24 do ângulo de alma.

- ângulo pantoscópico da armação

[0207] Ainda, por meio das características, o ângulo pantoscópico da armação (também designado ângulo de inclinação para a frente) pode ser calculado ou ajustado. Em exemplos de modalidade nos quais são utilizados requisitos de ajuste específicos para a armação, conforme explicado acima, o ângulo pantoscópico pode ser já configurado durante esse ajuste (etapa 40 na Figura 4). Essa pode ser então ainda ajustada na etapa 128 da Figura 12. Para isso, é calculada uma distância da borda da armação (por exemplo, a aresta posterior da borda inferior da borda da armação, canto inferior esquerdo ou direito em uma vista frontal da armação) das superfícies das bochechas referidas acima, que podem estar representadas por uma superfície de *spline*. O ângulo pantoscópico é então alterado, de forma que é assegurada uma distância mínima pré-definida, por exemplo, de 2 mm.

- comprimento da haste

[0208] O comprimento das hastes é calculado na etapa 128, quando o assentamento da armação tiver sido estabelecido sobre o nariz, por exemplo, sobre as plaquetas referidas acima. Para configurar o comprimento das hastes (desde que esse seja um parâmetro livre do modelo de armação paramétrico), um ponto de apoio dianteiro das hastes é coberto pelos pontos da base da orelha referidos acima.

[0209] Na etapa 129, parâmetros de armação calculados na etapa 128 são então aplicados ao modelo de armação paramétrico. Na etapa 1210 ocorre então uma colocação virtual e *rendering*, conforme descrito com referência à etapa 56 da Figura 5. Na etapa 1211 pode ter lugar ainda uma outra otimização, por exemplo, ocorrer uma otimização,

conforme descrito no documento US 2016/0327811 A1 referido ao início, ou um ajuste manual, conforme descrito na etapa 57 da Figura 5. Na etapa 1212 ocorre então uma transferência para o sistema de pedidos. Também podem ser selecionados outros parâmetros, por exemplo, uma cor da parte média da armação de óculos, uma cor das hastes de óculos da armação de óculos, material e cor das dobradiças da armação de óculos, gravações nas hastes dos óculos da armação de óculos, elementos de desenho, aplicações em hastes de óculos ou na parte média da armação de óculos. A armação de óculos pedida é então manufaturada de modo correspondente aos parâmetros determinados, por exemplo, com um método de fabricação aditivo, conforme explicado ao início.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método implementado por computador para o ajuste virtual de óculos, que compreende,

definir primeiros pontos de medição em um modelo 3D de uma cabeça (122) de uma pessoa, sendo que pontos de medição são pontos em um modelo, que podem servir para um ajuste de óculos subsequente, e

ajustar (128) um modelo de uma armação de óculos (120) ao modelo 3D da cabeça (122) com base nos primeiros pontos de medição, caracterizado pelo fato de que a definição dos primeiros pontos de medição,

caracterizado pelo fato de que definir os primeiros pontos de medição compreende,

ajustar (124) um modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça da pessoa, e

determinar (125, 126) os primeiros pontos de medição com base em segundos pontos de medição definidos no modelo de cabeça paramétrico e no ajuste do modelo de cabeça paramétrico ao modelo 3D da cabeça.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os segundos pontos de medição estão definidos em uma cabeça padrão do modelo de cabeça paramétrico, sendo que a determinação dos primeiros pontos de medição compreende uma transferência (125) das segundas características definidas na cabeça padrão para o modelo de cabeça paramétrico ajustado, de forma correspondente ao ajuste.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a determinação dos primeiros pontos de medição compreende uma utilização dos segundos pontos de medição transferidos como os primeiros pontos de medição.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a determinação dos primeiros pontos de medição compreende uma projeção (126) dos segundos pontos de medição transferidos sobre o modelo 3D da cabeça.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que através da combinação (127) de vários primeiros pontos de medição para formar uma característica, que define uma área do modelo 3D da cabeça.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a combinação compreende um ajuste de uma figura geométrica ou de uma função aos vários pontos de medição.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a área do modelo 3D compreende abas nasais, uma curvatura da testa, sobrancelhas ou uma zona das bochechas.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o modelo da armação de óculos compreende um modelo de armação paramétrico e de que o ajuste compreende uma determinação de um ou mais parâmetros do modelo de armação paramétrico com base nos primeiros pontos de medição e/ou na característica.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que ainda compreende uma definição (123) dos segundos pontos de medição em um modelo de cabeça paramétrico (121).

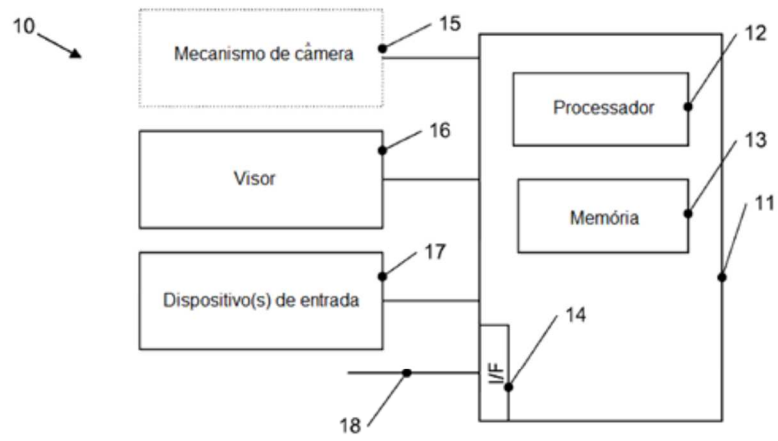


Fig. 1

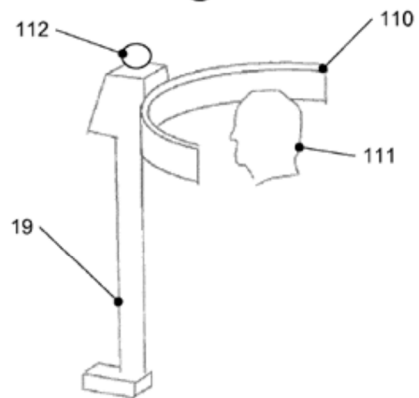


Fig. 2

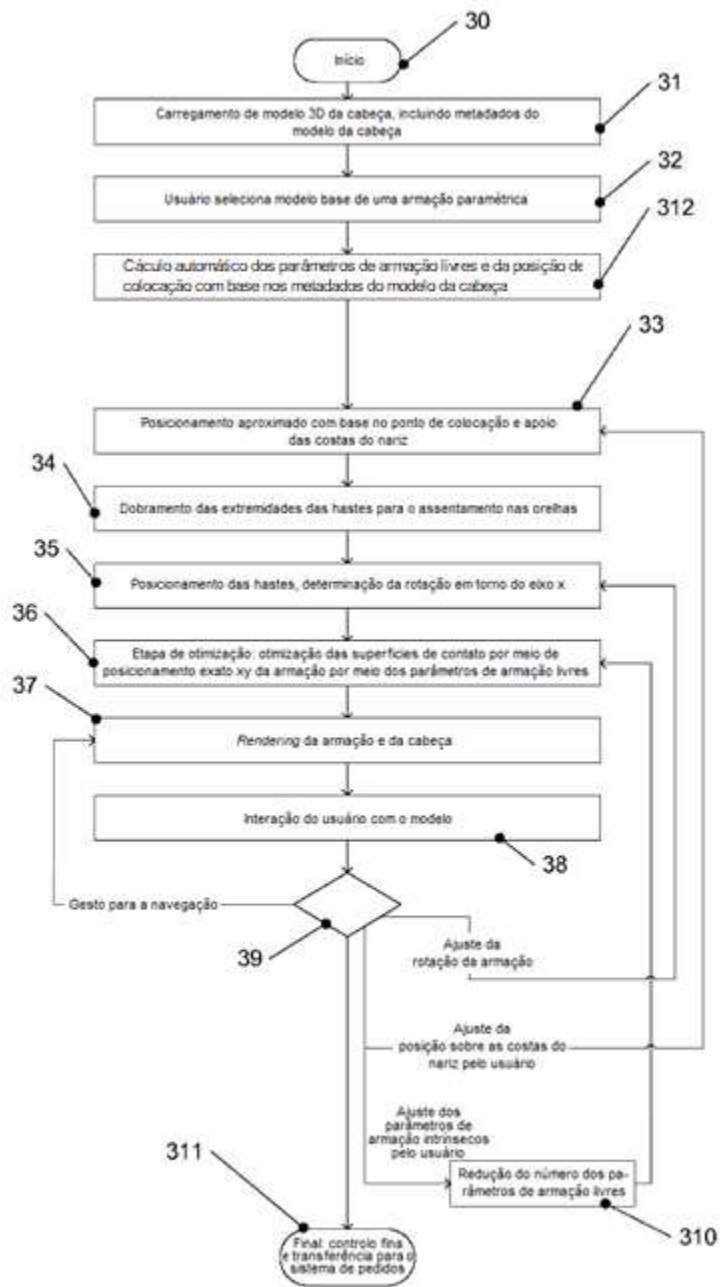
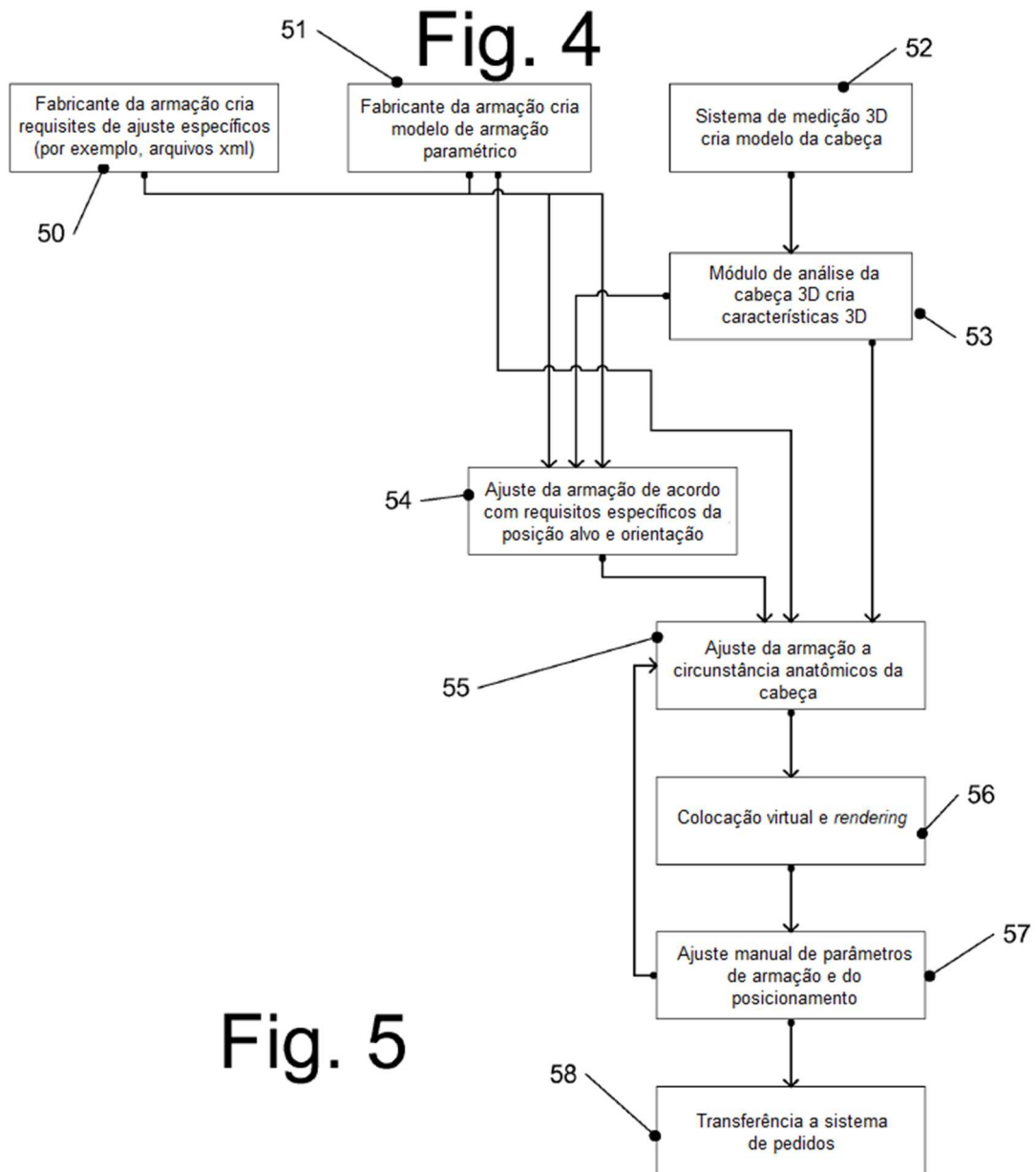
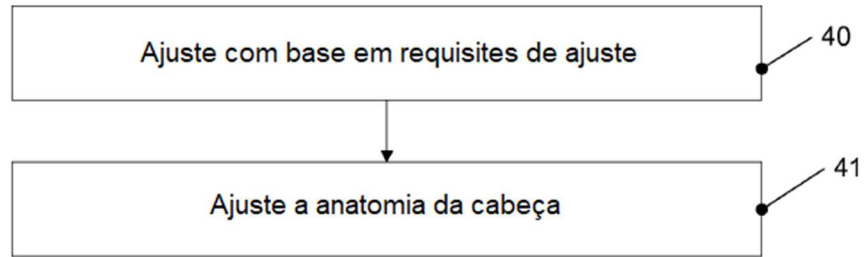


Fig. 3



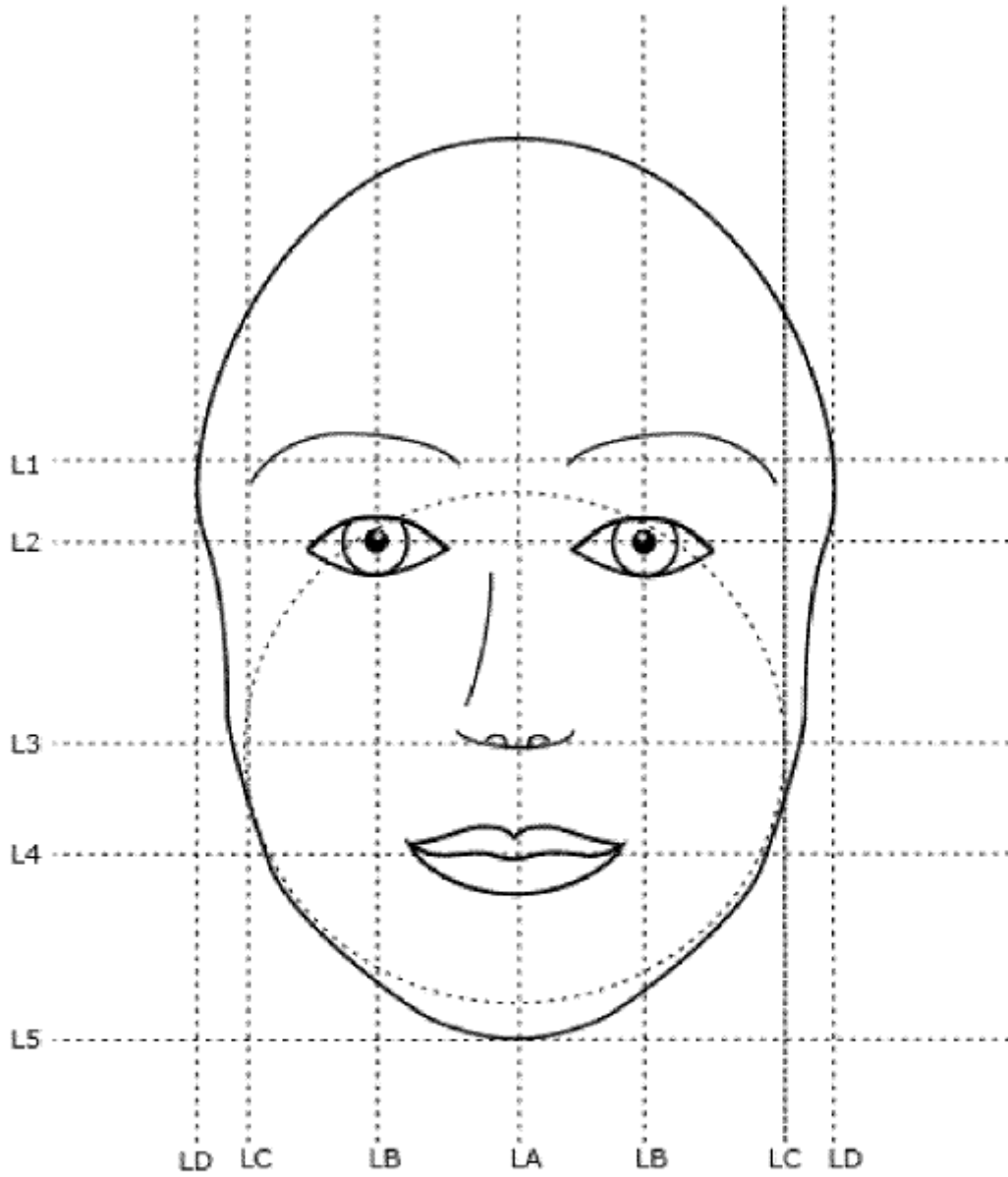


Fig. 6

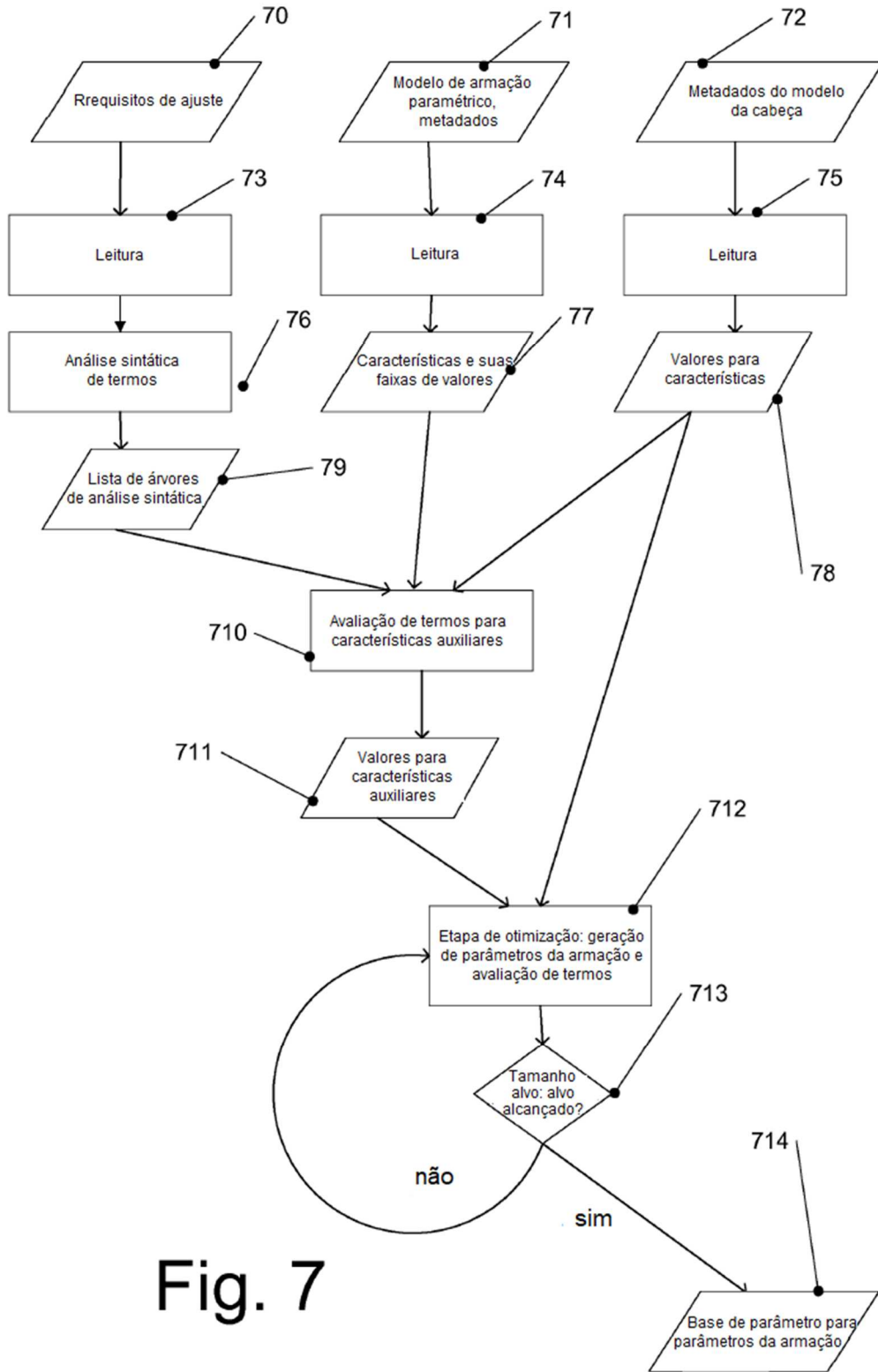


Fig. 7

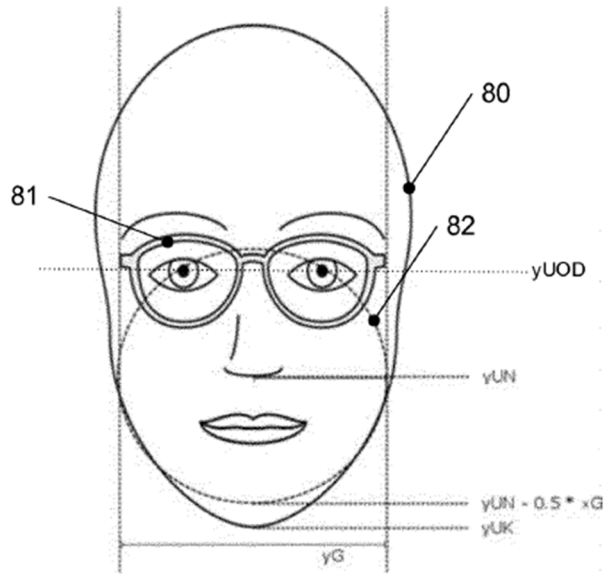


Fig. 8

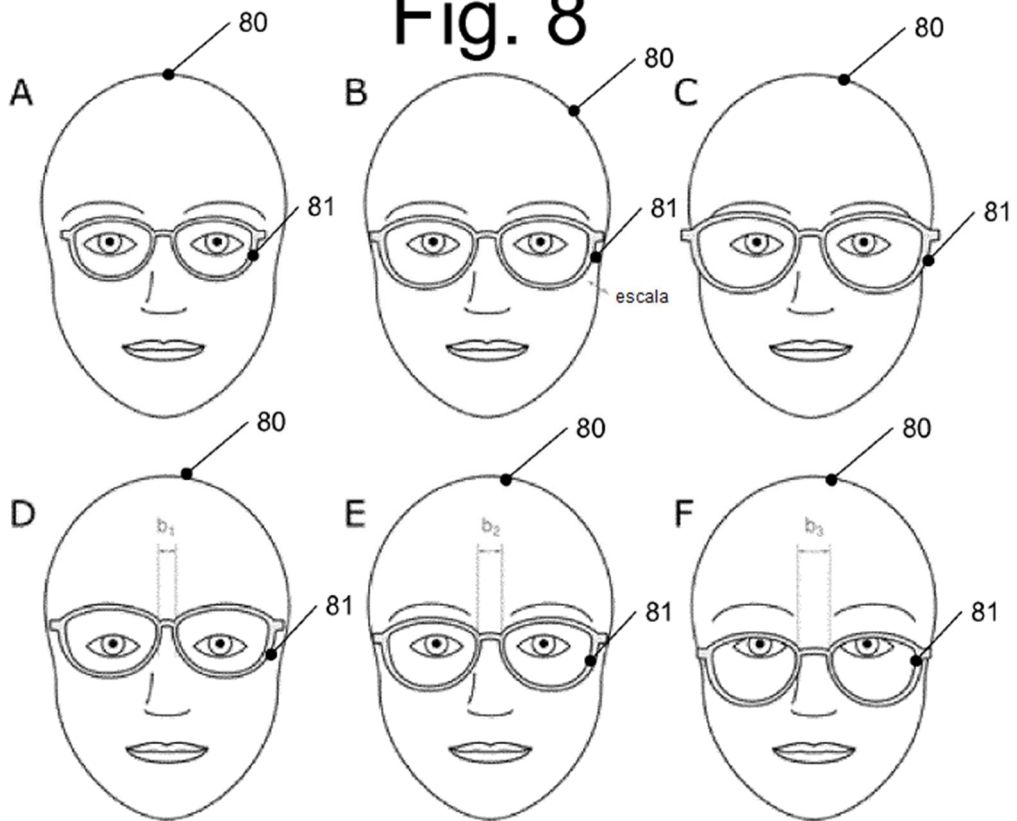


Fig. 9



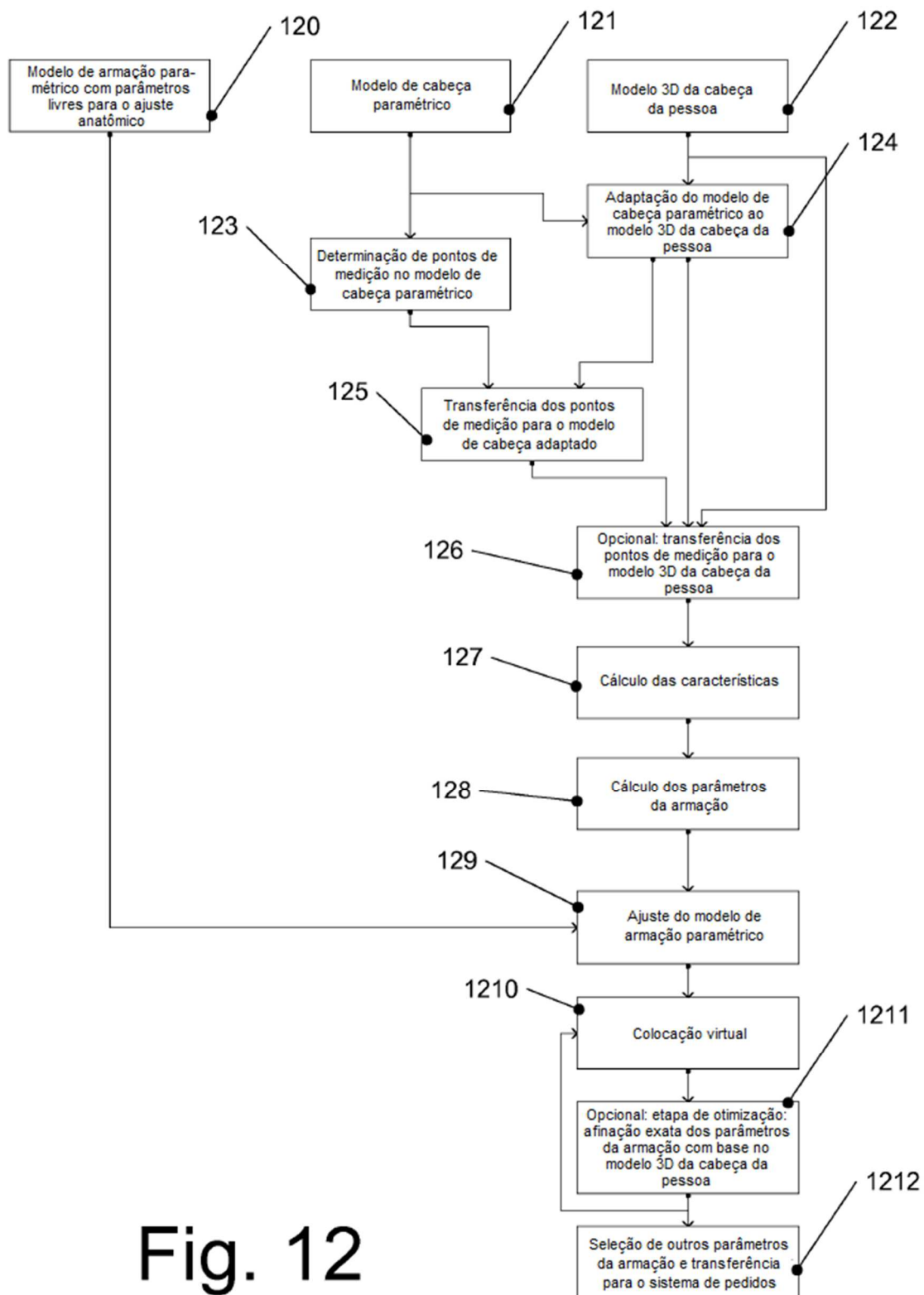


Fig. 12

FIG 13A

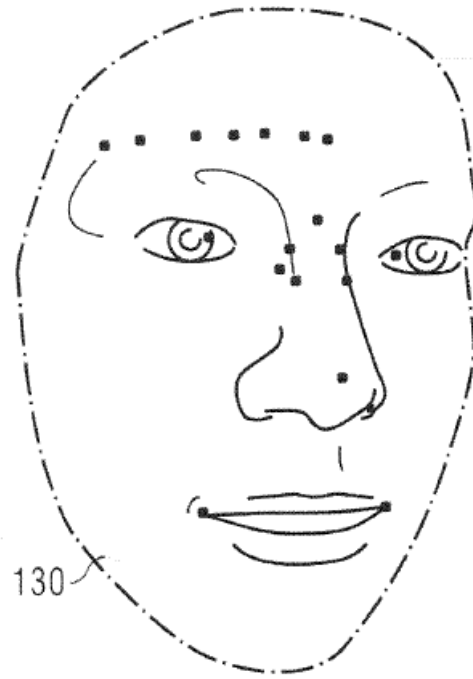


FIG 13B

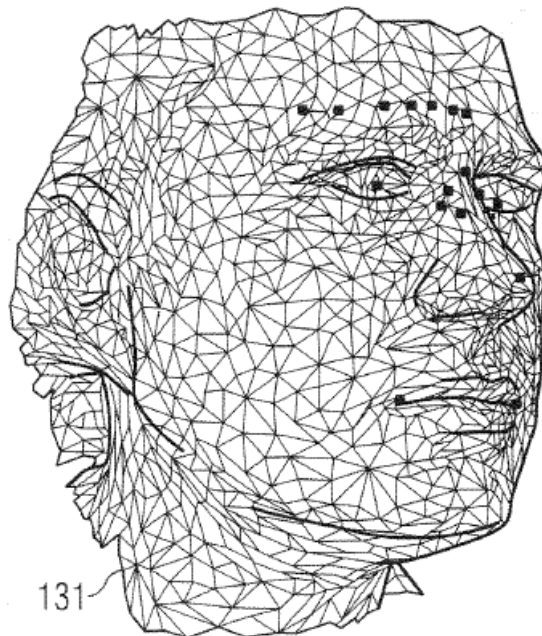


FIG 13C

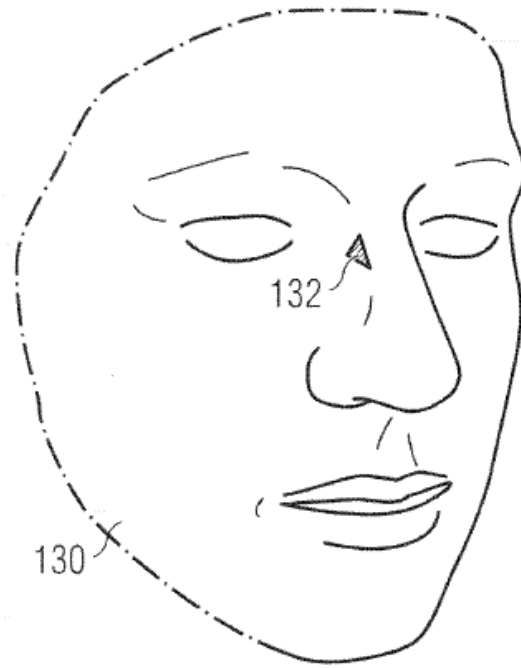


FIG 13D

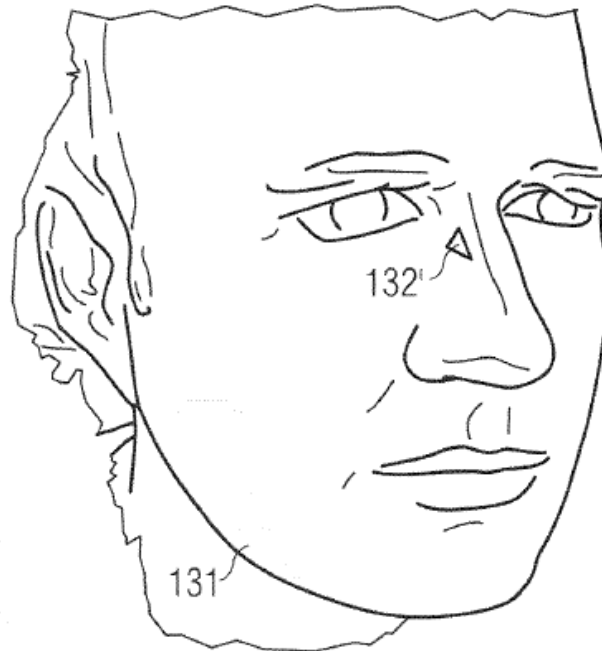


FIG 14

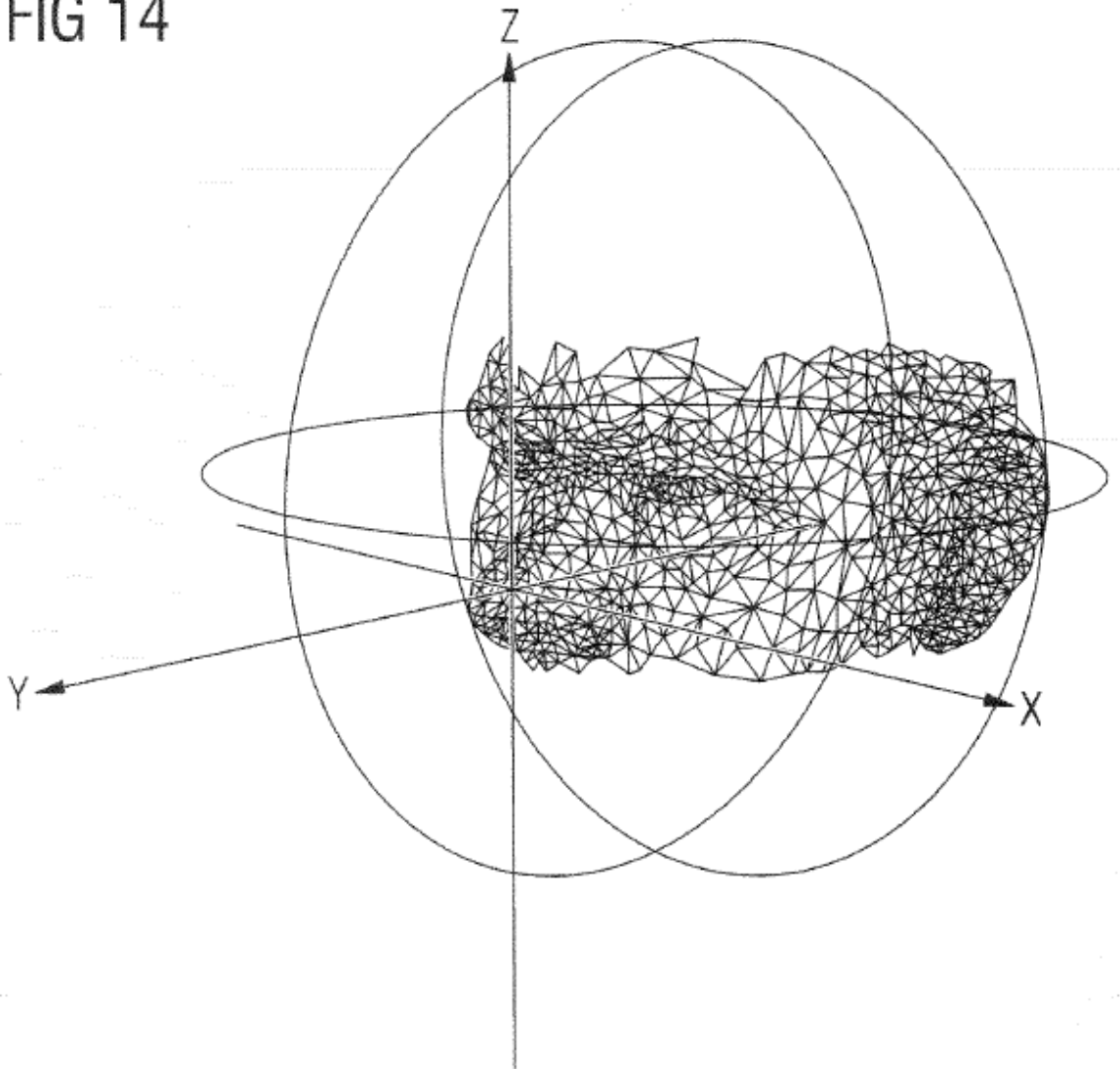


FIG 15

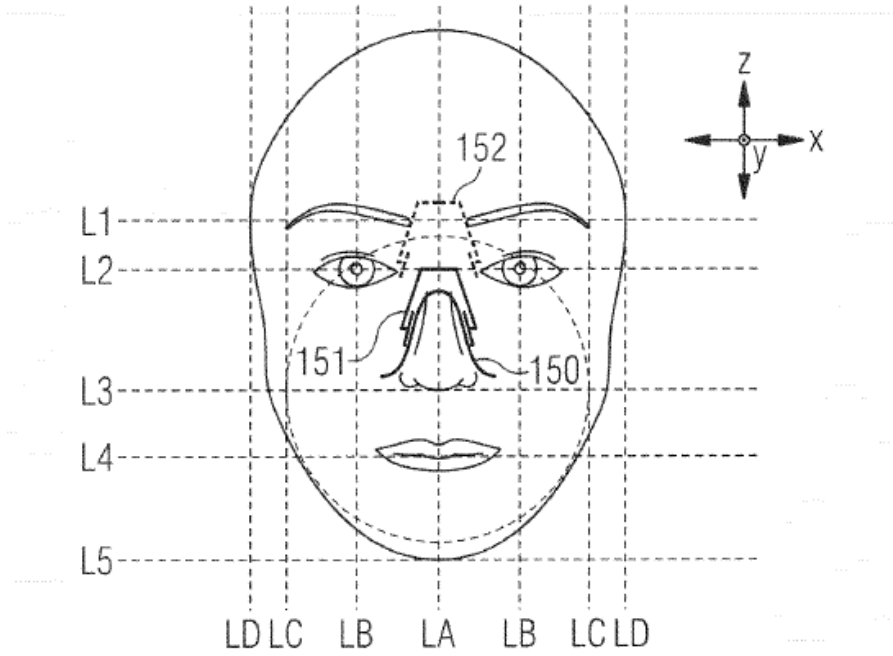


FIG 16

